



Datum 2021-05-11

RAPPORT

Metodstöd för övervakning av samt indikatorer för klimatförändringar

Carl Gilljam, Camilla Jönsson, Michael Ledwith, Maria Nilsson, Luke Webber



Metria AB,

Tel 010-121 80 00

info@metria.se | metria.se

1	Bakgrund.....	2
2	Fjärranalysanvändning i klimatsammanhang.....	3
3	Satellitdata.....	3
4	Pågående initiativ inom fjärranalys och klimat.....	5
5	metodsammanställning Introduktion.....	9
6	Metodsammanställning ras/Skred.....	9
7	Metodsammanställning översvämning.....	11
8	Metodsammanställning storm.....	14
9	Metodsammanställning brand.....	19
10	Metodsammanställning vattenståndsförändringar.....	24
11	Metodsammanställning oljespill.....	26
12	Metodsammanställning is.....	27
13	Metodsammanställning snö.....	29
14	Klimatanpassningsåtgärder och effekter av dessa.....	31
15	Internationella sammanhang.....	32
16	Sendai-indikatorer.....	32
17	BEAM-kartering baserad på NMD.....	33
18	Länkar.....	35
19	Referenser.....	36



1 BAKGRUND

1.1 Uppdrag

MSB har behov av ett metodstöd för hur klimatrelaterade händelser och dess konsekvenser kan karteras med hjälp av fjärranalys, samt hur dessa metoder kan användas för att ta fram kvantitativa data för statistik till rapporteringar och annat. MSB har fastslagit i sin strategi att fjärranalys ska användas i dessa sammanhang och därför uppdragit åt Metria att ta fram detta metodstöd. Metodstödet ska bidra till att MSB höjer förmågan att **kartera och identifiera konsekvenser av climateffekter**.

Inom ramen för arbetet med klimatanpassning arbetar MSB med ett allriskperspektiv, från risker med ett förändrat klimat till risker med klimatanpassning och kartering av sårbarheter och kartering av klimatrelaterade händelser. I MSB:s handlingsplan för klimatanpassning pekas prioriterade climateffekter ut i form av ras, skred, översvämning, storm och brand. Dessa klimatrelaterade händelser kan med fördel karteras med hjälp av fjärranalys. Det finns idag god tillgång till data, framför allt inom ramen för Copernicus, men användningen är begränsad. MSB ser behov av att vid operativa händelser kunna kartera med hjälp av fjärranalys. Vidare ser MSB ett behov av att vidga användningen av dessa karteringsmöjligheter till andra områden. Ett viktigt område är Sendai, där ett flertal indikatorer ska rapporteras till FN.

1.2 Genomförande

Denna rapport innehåller en methodsammanställning av ett urval av fjärranalysmetoder som kan användas för kartering av klimatrelaterade händelser och risker samt indikatorer inom Sendai. I urvalet har metoder som bedöms mest relevanta för Sverige prioriterats. Vidare har det gjorts en genomlysning av den så kallade BEAM-karteringen (Basic European Assets Map) och potentialen att använda NMD (Nationella MarktäckeData) i en sådan kartering över Sverige.

Metodbeskrivningarna har tagits fram av fjärranalysexperter på Metria.

1.3 Avgränsningar

Rapporten är begränsad till satellitbaserade metoder och grundar sig i MSB:s behov, men ser även till andra samhällsaktörers behov. Rapporten fokuserar på användning av fjärranalys i Sverige. Fjärranalys är dock ett verktyg som kan användas även i olika typer av internationella insatser.

1.4 Övrigt

I rapporten ingår information om vad som behövs för att beställa en analys eller kartering inom de olika områdena från Metria. MSB har ett ramavtal med Metria inom fjärranalys som gör det möjligt att genomföra denna typ av beställningar på ett enkelt sätt. Vissa metoder är färdigutvecklade och redo att beställa, andra skulle kräva ytterligare metodutveckling, detta framgår av metodbeskrivningarna. I texten beskrivs vidare vad som behöver specificeras i en beställning av respektive metod. En mall för beställning/förfrågningsunderlag återfinns i bilaga 1. Vid en beställning inleder Metria en dialog med beställaren med målet att hitta den lösning som bäst motsvarar behovet.

2 FJÄRRANALYSANVÄNDNING I KLIMATSAMMANHANG

Fjärranalys (eller jordobservation som det även kallas) har blivit ett allt viktigare verktyg för att övervaka jordens miljö och klimat. Regeringen konstaterar i sin rymdstrategi från 2018 att fjärranalys är ett verktyg för att öka kunskaperna om globala klimat- och miljöförändringar och att flera av hållbarhetsmålen i Agenda 2030 kan följas upp med stöd av fjärranalys.

Något som har varit avgörande för satellitdatas ökande betydelse är den kraftigt ökade dataström som är resultatet av stora satsningar på jordobservationssatelliter under de senaste decennierna. Där märks framför allt det europeiska Copernicusprogrammet (se kap 3.1 och kap 4.2) som består av både satelliter och tjänster baserade på satellitdata. Dessutom finns det numera satellitdata att tillgå från flera årtionden tillbaka vilket gör det möjligt att se och analysera trender i data.

3 SATELLITDATA

3.1 Copernicusdata

Copernicus är ett europeiskt jordobservationsprogram som består av ett stort antal satelliter samt informationstjänster som hämtar data från såväl satelliter som in situ mätningar (icke-rymd). Det är Europeiska kommissionen som förvaltar Copernicus, men programmet genomförs i partnerskap med bland annat ESA (European Space Agency) och Eumetsat (European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites). Copernicus ska stödja Europas miljö- och säkerhetsarbete genom att tillhandahålla aktuell, användaranpassad information av hög kvalitet. Data från Copernicusprogrammets Sentinel-satelliter är gratis och öppet tillgängliga för alla användare.

Satellitdata i Copernicus kommer dels från de Sentinel, satellitfamiljer, som utvecklats för programmets specifika behov, och dels från satelliter i så kallade "contributing missions" från nationer eller organisationer som bidrar till Copernicus. Sentinel-1, -2, -3 och -6 är dedikerade satelliter, medan Sentinel-4 och -5 är instrument ombord på Eumetsats vädersatelliter. Den första Sentinel-satelliten (Sentinel-1A) sändes upp 2014 och planen är att det ska finnas ett 20-tal Sentinel-satelliter i omloppsbanan före 2030.

I de metoder som presenteras i denna rapport ingår främst data från Sentinel-1 och Sentinel-2, men även övriga Sentinel-satelliter kan vara av stort intresse i klimatsammanhang. Metria har stor erfarenhet av att arbeta med data från framför allt Sentinel-1 och Sentinel-2 och har de system och verktyg som behövs för att effektivt bearbeta och nyttja dessa data.

3.1.1 Sentinel 1 – radardata

De två satelliterna Sentinel-1A och Sentinel-1B tillhandahåller radarbilder med 10 meters upplösning. Radardata används för tillämpningar både på land och vatten och en stor fördel är att radardata kan samlas in under alla väderförhållanden och inte är beroende av ljus. Satelliterna registrerar nya bilder var 3:e – 5:e dag över samma område och registreringarna täcker stora områden (250 km breda). Detta gör bilder från Sentinel-1 mycket användbara för tillämpningar som handlar om att identifiera förändringar och variationer över tid och stora ytor.

3.1.2 Sentinel 2 – optiska data

De två satelliterna Sentinel-2A och Sentinel-2B tillhandahåller optiska bilder med en upplösning på 10 meter. Optiska bilder är mycket användbara för att titta på t.ex. marktäckte, vattentäckte och kustområden. I teorin kan man över Sverige få tillgång till data från Sentinel-2 med 3-5 dagars mellanrum, men det förutsätter att det inte är några moln, så i praktiken kan det vara svårt att få helt molnfria bilder från Sentinel-2 mer än vid enstaka tillfällen. Ett möjligt alternativ och/eller komplement till data från Sentinel-2 är data från den amerikanska satelliten Landsat 8. Även dessa data är öppet tillgängliga.

3.1.3 Sentinel 3, 4, 5 och 6

De två satelliterna Sentinel-3A och Sentinel-3B mäter variabler som havsytans topografi, havsytors och landytors temperaturer och havs- och landfärger.

Sentinel-4 är ett instrument ombord på en av Eumetsats vädersatelliter. Det tillhandahåller data för övervakning av atmosfärens sammansättning för att övervaka viktiga spårgaser och aerosoler som påverkar luftkvaliteten över Europa.

Även Sentinel-5 är ett instrument ombord på en av Eumetsats vädersatelliter. Den beräknas sändas upp under 2021 och instrumentet kommer att tillhandahålla data för övervakning av atmosfärens sammansättning med mätningar av beståndsdelar i atmosfären såsom ozon, kvävedioxid, svaveldioxid, kolmonoxid, metan, formaldehyd och aerosolegenskaper.

Sentinel-6 sändes upp i slutet av 2020 och kommer att tillhandahålla data för mätning av havsytans höjd på global nivå, främst för operativ oceanografi och klimatstudier.

3.2 Mycket högupplösta satellitdata

I flera av de metoder som beskrivs i denna rapport går det att få bättre resultat ju högre upplösning (detaljgrad) data har. I vissa fall krävs data med mycket hög upplösning, runt en meter. I en satellitbild med en meters upplösning motsvarar varje pixel i bilden en meter på marken. Dessa data benämns även VHR, vilket står för Very High Resolution. Mycket högupplösta data är i regel tillgängliga till en kostnad och kan då köpas från olika leverantörer. Dock finns möjlighet för svenska myndigheter att i vissa fall få tillgång till mycket högupplösta data utan kostnad. Detta är möjligt från satelliterna Plejaderna samt inom Copernicus och "disasters charter", vilket beskrivs närmare nedan.

3.2.1 Plejaderna

Plejaderna är ett franskt satellitprojekt där Sverige deltar som en av flera partners. Sveriges medverkan i projektet har möjliggjort att data får användas utan kostnad av svenska myndigheter. Intresserade användare ansöker hos Rymdstyrelsen som beslutar om tilldelning av bilder. Data från Plejaderna har en upplösning på ca 0,7 meter vilket innebär att det är möjligt att titta på detaljer på jordytan som är mindre än en meter i storlek. Det gör det möjligt att t.ex. granska status på vägar eller hus.

3.2.2 Copernicus "Contributing missions"

Data från Copernicus Sentineller är som nämnts fritt och öppet tillgängliga. Inom ramen för Copernicus finns även så kallade "contributing missions". Vissa av dessa data är mycket

högupplösta och det kan vara möjligt för myndigheter att få tillgång till dessa via Copernicusprogrammets katastroftjänst (Emergency Management Service). Se kapitel 4.2.2.

3.2.3 The International Charter Space and Major Disasters

The International Charter Space and Major Disasters, eller Disasters Charter som den brukar kallas, är ett globalt samarbete. Där bidrar en mängd olika satellitägare, offentliga såväl som privata, med data vid katastrofer. För att få tillgång till data måste chartern aktiveras. I Sverige kan det göras via MSB som är auktoriserad användare. För aktivering av chartern kontaktas TiB (tjänsteman i beredskap). När chartern har aktiverats samlas relevanta data in från olika satelliter och kan sedan användas i olika typer av analyser. Det är också möjligt att genomföra analyser via chartern. Sverige har hittills aktiverat chartern vid ett tillfälle, Stormen Gudrun 2005. Då erhöll Sverige data från de franska SPOT-satelliterna och Metria uppdrogs att genomföra analyser över stormskadorna baserat på dessa data.

4 PÅGÅENDE INITIATIV INOM FJÄRRANALYS OCH KLIMAT

Det pågår flera initiativ för att säkerställa att fjärranalys ska komma till nytta för kartering av klimatrelaterade händelser och risker samt indikatorer, både på europeisk och global nivå. Några av dessa beskrivs kort nedan.

4.1 Sendai

”Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030” antogs av FN:s medlemsstater 2015 vid FN:s tredje världskonferens om katastrofriskreducering (i Sendai i Japan). Sendai-ramverket omfattar sju mål och en uppsättning av 38 indikatorer har identifierats för att kunna mäta utvecklingen globalt i genomförandet av Sendai-ramverket.

Att övervaka Sendais måluppfyllelse och indikatorerna globalt kräver data från många olika källor (t.ex. officiella data, försäkringsdata, jordobservationsdata). I Sverige skulle många av indikatorerna kunna tas fram från officiella data, men data behöver också vara jämförbara och likartade globalt och då blir fjärranalys särskilt intressant. Det pågår flera olika initiativ för att titta på hur fjärranalys kan användas för att följa upp Sendai-indikatorerna.

Inom ramen för GEO (se kap 4.3) i ”Disaster Risk Reduction Working Group” pågår ett arbete kring hur Sendai-indikatorerna kan karteras via fjärranalys. Vidare genomför Tyskland ett projekt kallat Cop4Sen (Derivation and monitoring of Sendai indicators with Copernicus and satellite remote sensing) inom ramen för UN-Spider (United Nations Platform for Space-based Information for Disaster Management and Emergency Response).

Mer information om hur fjärranalys kan användas för Sendai-indikatorerna återfinns i kapitel 16.

4.2 Copernicus tjänster

Det finns sex olika tjänsteområden inom Copernicus: Atmosfärsövervakning, Marin övervakning, Landövervakning, Klimatförändringar, Säkerhet och Katastrofhantering. Inom ramen för dessa tjänster bearbetas och analyseras data. Förändringar övervakas, mönster undersöks för att generera bättre prognoser, kartor skapas och statistisk information extraheras.



Figur 1: Copernicus sex tjänsteområden ©Europeiska kommissionen.

4.2.1 Copernicus klimattjänst

Copernicus klimattjänst (C3S) hanteras av ECMWF (European Center for Medium-Range Weather Forecasts) och tillhandahåller klimatdata och verktyg. Som för alla Copernicus-tjänster utförs arbetet av olika företag över Europa som valts ut i öppna upphandlingar. Fördefinierade data och tjänster finns tillgängliga kostnadsfritt i Climate Data Store (CDS). Klimatvariabler ingår även i tjänster inom områdena land, marint och atmosfär.

Några exempel på tillämpningar och data inom klimatområdet som ingår i Copernicus/CDS är:

- Temperaturstatistik (Europa/globalt)
- Övervakning av aerosoler sedan 1995 (Globalt)
- Agroklimatiska indikatorer historiskt och prognoser (Globalt)
- Antalet värmeböjldagar historiskt och prognoser (Europa)
- Snödjup historik och prognoser (Europa)
- Arktisk havsutbredning samt klimatprognoser för arktisk havsis samt färskvatteninnehåll i Arktis
- Datum för säsongens start av björkpollen (Europa)
- Överlevnad av tigermygga (*Aedes albopictus*) historik och prognos (Europa)

4.2.2 Copernicusprogrammets katastroftjänst

Copernicusprogrammets katastroftjänst, CEMS (Copernicus Emergency Management Service), stöder aktörer som är involverade i hanteringen av katastrofer genom att bistå med satellitbilder och ibland även andra typer av geodata. CEMS övervakar aktivt Europa och meddelar nationella myndigheter om en katastrof upptäcks. Tjänsten kan också aktiveras på begäran av auktoriserade användare. MSB är en sådan auktoriserad användare. För aktivering av tjänsten kontaktas TiB (tjänsteman i beredskap).

CEMS har hittills använts vid åtta tillfällen för katastrofer i Sverige vid översvämningar, bränder och stormar:

Act. Code ▼	Title	Event Date	Type	Country/Terr.
EMSR427	Flood in Vastra Gotaland, Sweden	2020-02-18	Flood	Sweden
EMSR298	Forest Fire in Central Sweden	2018-07-16	Wildfire	Sweden
EMSR290	Forest fire in Sweden	2018-06-03	Wildfire	Sweden
EMSR284	Floods in Finland	2018-05-17	Flood	Finland, Sweden
EMSR280	Floods in Dalarna, Sweden	2018-04-21	Flood	Sweden
EMSR096	Fire in Sweden	2014-07-31	Forest fire, w...	Sweden
EMSR056	Wind storm in Sweden	2013-10-28	Wind storm	Sweden
EMSR009	Floods in Sweden	2012-07-07	Flood	Sweden

4.3 GEO

GEO, Group on Earth Observations, är ett internationellt partnerskap där över 100 länder och över 100 organisationer deltar. GEO verkar för samordnade och långsiktigt uthålliga system för jordobservation. GEO samverkar med aktörer som FN inom gemensamma intresseområden, t.ex. hållbar utveckling och uppföljningen av Agenda 2030.

GEO har tagit initiativ till samverkan mellan olika jordobservationssystem i ett "system av system" som kallas GEOSS. Det finns mer än 400 miljoner öppna dataresurser i GEOSS från mer än 150 nationella och regionala leverantörer. GEO tillgängliggör en stor mängd värdefulla miljödata till användare från hela världen genom en dataportal där data kan hämtas och lämnas från flera observationssystem för olika samhällsbehov.

GEO har fastställt ett arbetsprogram för perioden 2020-2022 (2020-2022 GEO Work Programme). I detta ingår tre prioriterade policyområden som alla har klimatkoppling: Agenda 2030, Parisavtalet och Sendai. I arbetsprogrammet identifieras även ett antal flaggskepp och initiativ som har mycket stor klimatrelevans.

MSB deltar i arbetsgruppen "Disaster Risk Reduction Working Group" inom GEO. Där pågår bland annat ett arbete om hur Sendai-indikatorerna kan karteras via fjärranalys.

4.4 Agenda 2030

Det finns god potential att använda fjärranalys i uppföljningen av Agenda 2030. Arbetsgruppen "Geodatastöd i Agenda 2030-arbetet" är knuten till Myndighetssamverkan Copernicus. Gruppen arbetar med att ta fram ett underlag om hur geodata kan vara ett stöd i Agenda 2030-arbetet. Underlaget ska lämnas till Geodatarådet. Underlaget ska bland annat identifiera behovet av geodatastöd och lämna goda exempel samt identifiera indikatorer där bearbetning av geodata ingår.

År 2018 anordnade Metria en workshop på initiativ av SCB inom ramen för arbetet med Nationella Marktäckedata (NMD) för att undersöka hur just NMD, som är en fjärranalysbaserad produkt producerad av Metria, kan bidra till Agenda 2030. I workshopen deltog Skogsstyrelsen, Trafikverket, Naturvårdsverket, SCB, SLU och MSB. Resultatet av workshopen visade att NMD kan bidra stort till huvudmål 15 (Ekosystem och biologisk mångfald) där 75 % av delmålen gynnas av

aktuella marktäckedata. Huvudmål 11 (Hållbara städer och samhällen) och 13 (Bekämpa klimatförändringen) sticker också ut, där 70 % respektive 60 % av delmålen anses gynnas. I dessa fall kan NMD bidra t.ex. som underlag till indikatorer och rapportering i uppföljningen av Agenda 2030, eller som underlag för planering och åtgärder kopplade till Agenda 2030.

I tabellen nedan redovisas ett urval av delmål och indikatorer där beskrivna metoder i denna rapport bör kunna bidra till rapportering och uppföljning i framtiden. Tabellen är ingen komplett genomgång utan ett urval för att exemplifiera kopplingarna till Agenda 2030 och Sendai.

Tabell 1. Exempel på hur metoder och resultat beskrivna i denna rapport kan bidra till arbetet inom Agenda 2030.

Mål/Delmål	Indikator	Kommentar
1.5 Ingen fattigdom: Till 2030 bygga upp motståndskraften hos de fattiga och människor i utsatta situationer och minska deras utsatthet och sårbarhet för extrema klimatrelaterade händelser och andra ekonomiska, sociala och miljömässiga chocker och katastrofer.	1.5.2 Direct economic loss attributed to disasters in relation to global gross domestic product (GDP)	Karteringar och analyser som visar omfattningen av klimatrelaterade händelser möjliggör också beräkning av ekonomiska förluster efter exempelvis storm och översvämning.
2.4 Ingen hunger: Senast 2030 uppnå hållbara system för livsmedelsproduktion samt införa motståndskraftiga jordbruksmetoder som ökar produktiviteten och produktionen, som bidrar till att upprätthålla ekosystemen, som stärker förmågan till anpassning till klimatförändringar, extrema väderförhållanden, torka, översvämning och andra katastrofer och som successivt förbättrar mark- och jordkvaliteten.	2.4.1 Proportion of agricultural area under productive and sustainable agriculture	Nationell övervakning av klimatrelaterade händelser som exempelvis översvämningar och torka kan eventuellt bidra till att indikera ett hållbart jordbruk.
11.5 Hållbara städer och samhällen: Till 2030 väsentligt minska antalet dödsfall och antalet människor som drabbas av katastrofer, inklusive vattenrelaterade katastrofer. Även tillse att de direkta ekonomiska förlusterna till följd av sådana katastrofer, i form av lägre global BNP, minskar väsentligt. Särskilt fokus bör ligga på att skydda de fattiga och människor i utsatta situationer.	11.5.2 Direct economic loss in relation to global GDP, damage to critical infrastructure and number of disruptions to basic services, attributed to disasters	Karteringar och analyser som visar omfattningen av klimatrelaterade händelser möjliggör också beräkning av ekonomiska förluster efter exempelvis storm och översvämning.
11.b Hållbara städer och samhällen: Till 2020 väsentligen öka det antal städer och samhällen som antar och genomför integrerade strategier och planer för inkludering, resurseffektivitet, begränsning av och anpassning till klimatförändringarna och motståndskraft mot katastrofer samt utveckla och genomföra, i linje med Sendai-ramverket för katastrofriskreducering 2015–2030, en samlad katastrofriskhantering på alla nivåer.	11.b.1 Antagande och genomförande av nationella strategier för katastrofriskreducering i linje med Sendai FDRR	Direkta kopplingar till hur fjärranalys kan användas för Sendai-indikatorerna (kapitel 16).

13.1 Stärka motståndskraften mot och förmågan till anpassning till klimatrelaterade faror och naturkatastrofer i alla länder.	13.1.2 Number of countries that adopt and implement national disaster risk reduction strategies in line with the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030 (13.1.2 Förekomst av nationell strategi för katastrofriskreducering i linje med Sendai FDRR 2015-2030)	Direkta kopplingar mot hur fjärranalys kan användas för Sendai-indikatorerna (kapitel 16).
15.2 Till 2020 främja genomförandet av hållbart brukande av alla typer av skogar, stoppa avskogningen, återställa utarmade skogar och kraftigt öka nybeskogningen och återbeskogningen i hela världen.	15.2.1 Progress towards sustainable forest management	Ett hållbart brukande av skogen är ur ett nationellt perspektiv starkt kopplat till att både kunna anpassa sig till, och kunna följa upp, klimatrelaterade händelser (framför allt stormrelaterade händelser).

5 METODSAMMANSTÄLLNING INTRODUKTION

Som konstaterats ovan kan fjärranalys vara ett användbart verktyg för kartering, övervakning och analyser av klimatrelaterade händelser och risker. Med god tillgång på data genom det europeiska Copernicus-programmet har möjligheterna ökat.

I kapitel 6 till 13 nedan presenteras ett urval av fjärranalysmetoder som kan användas för kartering av olika klimatrelaterade händelser och risker. I urvalet har metoder som bedöms mest relevanta för Sverige prioriterats. I MSB:s handlingsplan för klimatanpassning pekas prioriterade klimateffekter ut i form av ras, skred, översvämning, storm och brand. Förutom dessa områden ingår även beskrivningar av fjärranalysmetoder som kan användas för kartering och analyser inom områdena vattenståndsförändringar, oljespill, is och snö.

De flesta av de metoder som beskrivs är tillämpbara omedelbart, men i enstaka fall krävs viss metodutveckling vilket då framgår av texten.

6 METODSAMMANSTÄLLNING RAS/SKRED

Ras och skred är snabba massrörelser i jordtäcket eller i berggrunden som kan inträffa utan förvarning. De kan utlösas av t.ex. riklig nederbörd eller av mänskliga ingrepp i naturen. I Sverige inträffar skred som omfattar mer än en hektar i genomsnitt vartannat till vart tredje år. Ett förändrat klimat med ökade flöden, mer intensiva skyfall och förändrade markvattenförhållanden kan leda till ökad sannolikhet för ras och skred inom stora delar av Sverige.

I Sverige är det störst risk för skred i de delar av landet som låg under havets yta efter den senaste nedisningen (*Krisinformation.se*). Särskilt drabbade är områden nära vattendrag, sjöar och kusten.

Det finns en ökad risk för skred där marken är bar eller med gles vegetation. Ras kan ske i branta bergsslänter över hela landet. Längs västkusten är marksänkning ett växande problem som kan leda till skred.

6.1 Möjligt resultat

Ur ett fjärranalysperspektiv kan följande aspekter relaterat till ras och skred analyseras och karteras:

1. En kartläggning av platser där stora skred (inklusive möjligtvis laviner, särskilt om snön är blöt) har skett. Av kartläggningen framgår utloppsområdet och, om möjligt, källan (så kallad Release Area).
2. Kontinuerlig övervakning av långsamma sänkningar som kan vara föregångare till skred.
3. En kartläggning av vilka slänter mot vattendrag och sjöar som är utan vegetation och därmed kan ha högre risk för ras/skred - en så-kallad skredriskkarta.

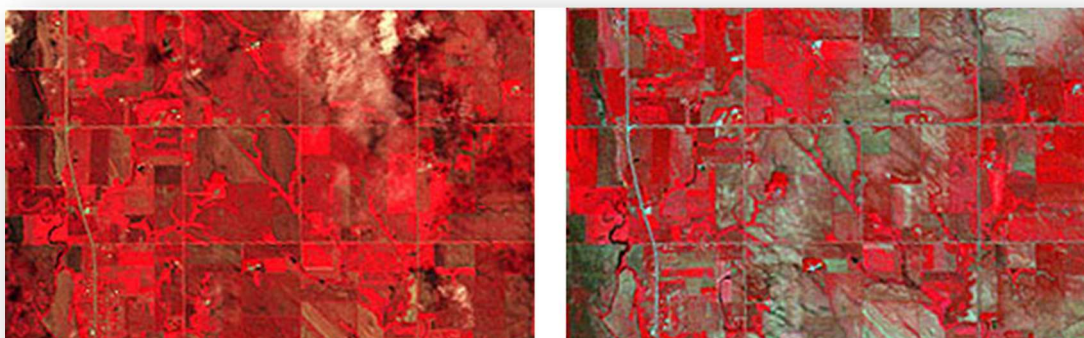
6.2 Satellitdata

För kartering av stora skred används data från radarsatelliter och/eller optiska satelliter, t.ex. från Copernicus Sentinel-1 och Sentinel-2. För övervakning av långsamma marksänkningar/skred används radardata.

Genom att använda satellitbilder med högre upplösning (1 - 3 meter) går det att få ett bättre resultat både i kartering och övervakning. T.ex. kan data från Plejaderna, SPOT, WorldView eller GeoEye vara användbara för att ge bättre resultat.

6.3 Metodbeskrivning

Fyra olika parametrar krävs för att åstadkomma en effektiv skredriskkarta: jordart, geologi, vegetation och hydrologi. Kartläggning av vegetationstäckning för att identifiera riskområden görs med optiska satellitbilder, t.ex. Sentinel-2, med hjälp av vegetationsindex (t.ex. NDVI). Det går att göra denna typ av kartläggning mer detaljerad med hjälp av bilder med högre upplösning.



Figur 2: Före- och efterbilder som visar erosion och bortspolning av vegetation efter en kraftig storm.

Det finns ett antal index som var för sig eller tillsammans med andra underlag ger tydliga indikationer på om jorden/snöen har rört sig eller rasat. NDVI (vegetationsindex), NDSI

(barjordsindex) och NDWI (vattenindex) samt modifierade varianter av dessa index (NDVI* och NDSI*) ger analytikern möjlighet att isolera och markera färsk levande vegetation, bar jord, vatten, snö och is. Med hjälp av före- och efterbilder blir det möjligt att identifiera förändringar i marktäckte. Dessa index kalkyleras utifrån optiska satellitbilder.

Interferometriska metoder baserade på radarbilder har länge använts för att övervaka och kartlägga jordskred. Dessa metoder fungerar bättre i miljöer där skredet sker långsamt och vegetation är gles, till exempel på västkusten. Däremot finns det andra radarbildsmetoder (t.ex. koherensförändringsanalys) som troligen skulle kunna användas som komplement till de optiska metoderna - särskilt om vädret (moln) förhindrar mottagningen av optiska satellitbilder.

För att kartera vegetation används något av de så kallade vegetationsindex som kalkyleras från rött och infrarött band i en optisk satellitbild. NDVI (normalized difference vegetation index) är det mest kända indexet, men det finns många varianter på index som kan ge bättre resultat under vissa situationer. Även andra index, t.ex. NDSI som kan användas för att hitta bar jord, kan utnyttjas.

6.4 Beställarunderlag

Samtliga de metoder som beskrivs i detta kapitel kan beställas från Metria. Data från Sentinel-1 och Sentinel-2 samt andra viktiga underlag, t.ex. höjddata för rektifiering, finns hos Metria. Vid en beställning av något av ovanstående behöver följande framgå:

1. Vilken typ av kartering eller övervakning avses.
2. Vilket område ska karteras/övervakas (området kan anges som koordinater eller som yta, t.ex. en cirkel med 2-km radie runt Göteborgs stadshus).
3. Ska karteringen genomföras vid ett tillfälle (t.ex. kartering av erosion längs Göta älv) eller ska det göras jämförelse mellan olika tidpunkter (t.ex. erosionsläge år 2000 kontra år 2021).
4. Om kontinuerlig övervakning önskas, hur täta intervall önskas (detta diskuteras lämpligen fram mellan beställare och leverantör).
5. Dessa metoder kan som nämnts ge ett bättre resultat om de baseras på högupplösta satellitdata. Möjligheterna till detta och ev. kostnader som är förknippade med högupplösta data diskuteras lämpligen mellan beställare och leverantör.

7 METODSAMMANSTÄLLNING ÖVERSVÄMNING

Det finns olika typer av översvämningar, där de vanligaste är översvämning av vattendrag och sjöar, kustöversvämningar och översvämning till följd av skyfall. Ett varmare klimat väntas ge förändringar i nederbördsmönstren med fler skyfall.

Översvämningar kan även bli vanligare längs med landets södra kuststräckor i framtiden, till följd av stigande havsnivåer. För sjöar och vattendrag varierar mönstret över landet, där vissa delar väntas få större översvämningrisk och andra mindre. Översvämningar av vattendrag och sjöar beror på att mer vatten tillförs vattendraget än vad det klarar att leda bort. Den typen av översvämning påverkas av olika faktorer som nederbörd, snösmältning och reglering av vattendraget. För vattendrag som mynnar i havet påverkar en hög havsnivå översvämningens utbredning i kustområdet.

Platser långt bort från vattendrag och/eller sjöar där översvämningar uppstår på grund av kraftig nederbörd brukar kallas BlueSpots. Dessa platser fångas sällan upp av ytvavrinningsmodellering eller simulering (t.ex. MIKE11).

7.1 Möjliga resultat

Ur ett fjärranalysperspektiv kan följande aspekter relaterat till översvämningar analyseras och karteras:

1. En kartläggning av platser där en översvämning har skett som visar vilka områden som är översvämmade.
2. En kartläggning av platser som ligger inom riskzonen för översvämningar baserad på specifika vattenståndsscenario.
3. En kartläggning av platser som har en tendens att samla vatten på grund av kraftig nederbörd - så kallade BlueSpots. Sådana kartläggningar brukar omfatta potentiella översvämmade platser större än 10m³.
4. En omvänd analys där vattnets djup redovisas baserat på ett översvämningsscenario eller en kartläggning av en historisk översvämning. En sådan analys gäller områden som vanligtvis inte är täckta med vatten (ej sjöar, vattendrag, våtmark). Resultatet levereras som raster- eller vektor-filer där vektorfiler kan vara klassificerade polygoner (med intervaller) eller djupkurvor.
5. I förebyggande syfte kan inlandssjöis och snö i fjällen övervakas regelbundet för att förutse vårsmältning (se även kap 12 och 13). I dessa fall är det förändringen av is- eller snöytan som kartläggs via förändringsanalys (två eller fler tidpunkter). Med hjälp av lokalkunskap och/eller information från SMHI kan arealen konverteras (ungefärligt) till en volym.
6. Statistik över drabbade områden (t.ex. 33,4 ha jordbruksmark, 12% av ett industriområde, m.m.).

7.2 Satellitdata

Både optiska bilder och radarbilder kan användas för att kartlägga platser som har påverkats av en översvämning. Radarbilder används oftast eftersom mikrovågen penetrerar moln utan markant signalförlust och radar kan därför utnyttjas oavsett väderförhållandet.

Radarbildens upplösning kan spela stor roll i kartläggningen. För en överblick över ett stort område används radarbilder från Sentinel-1, som har 10 meters upplösning. Bilder från Sentinel-1 har hög radiometrisk kvalitet och kan lätt täcka ett stort område samt har en fördelaktig återkomsttid. Det sistnämnda är extra viktigt om översvämningen ska övervakas i nära realtid. För att få snabbast möjliga tillgång till data från Sentinel-1 kan Copernicus Emergency Service eller Disasters Charter anropas i katastroflägen.

7.3 Metodbeskrivning

För att kartlägga en översvämning med hjälp av optiska satellitdata kalkyleras oftast först NDVI och MNDVI (vegetationsindex), tillsammans med en land/vatten mask, för att identifiera platser som saknar vegetation (värden som är nära noll eller negativa). I bildserien nedan syns exempel på översvämningsskarteringar.



Figur 3 – Exempel på en översvämningsskartering över Kristianstad 2002 baserad på ERS-2 radarbilder med 12,5 m upplösning (bilden i det nedra vänstra hörnet, från 2002-02-28). Det översvämmade området syns i ljusblått och sjöar och vattendrag syns i mörkblått. Bakgrundsbilden består av ortofoton.



Figur 4 – Exempel på en översvämningsskartering över Kristianstad 2008 baserad på TSX radarbilder med 3 m upplösning (bilden i det nedra vänstra hörnet, från 2008-02-05). Det översvämmade området syns i ljusblått och sjöar och vattendrag syns i mörkblått. Bakgrundsbilden består av ortofoton.



Figur 5 – Exempel på en översvämningsskartering över Kristianstad 2008 baserad på TSX radarbilder med 1 m upplösning (bilden i det nedra vänstra hörnet, från 2008-12-10). Det översvämmade området syns i ljusblått och sjöar och vattendrag syns i mörkblått. Bakgrundsbilden består av ortofoton.

7.4 Beställarunderlag

Bilder från Sentinel-1 och andra viktiga underlag som behövs i dessa analyser, t.ex. höjddata för rektifiering av radardata, finns hos Metria. Vid en beställning av något av ovanstående behöver följande framgå:

1. Var kartläggningen ska genomföras - t.ex. koordinater, platsnamn, vattendrag
2. Önskad utsträckning/areal
3. Datumet/n som är intressanta.
4. Önskemål om format på leveransen. Möjliga format inkluderar kartor (utskrift, PDF), rasterbild (GeoTIFF, JP2), vektorfiler (shape, geodatabas). Storlek och/eller upplösning ska anges om relevant.

Exempel på en beställning: Vi beställer en kartläggning av översvämningen som skedde längs Ljusnan, norr om Bollnäs, den 1 april 2021. Området av intresse sträcker sig från Vaxsjön till utloppet till Varpen. Minst 1 kilometer på båda sidor av vattendraget. Leverans önskas som en karta (PDF-format), koordinatsystem: Sweref99TM.

8 METODSAMMANSTÄLLNING STORM

Enligt SMHI:s beräkningar kommer det att bli varmare i Sverige och vegetationsperioden blir därmed längre. Sannolikt medför detta att det blir det mindre snö och tjäle under vinterhalvåret. En följd effekt av detta kan bli att skogen blir känsligare för kraftiga vindar och svåra stormar. Just stormskador på skog är påtagligt i Sverige där mer än 60% av landytan består av skog.

Förutom stormskador på skog kan ökade vindhastigheter och svåra stormar medföra andra oönskade effekter där fjärranalys kan nyttjas för övervakning och uppföljning, exempelvis:

- Påverkan på infrastruktur/byggnader: Här bedöms mycket högupplösta fjärranalysdata behövas (VHR) för att kartera denna typ av påverkan (se kapitel 3.2). Mycket arbete finns genomfört internationellt för vidare studie ifall behov finns. Kartering av stormskador i skog kan samköras med geografiska data över infrastrukturobjekt för att visa på områden som kan ha påverkats (by proxy) av att skogen fällts.
- Erosion, jordflykt, sandförflyttning
- Havsvattenståndsförändringar (se kapitel 10)

Stormrelaterade analyser bör göras i samverkan med Skogsstyrelsen och SMHI.

8.1 Möjligt resultat

Ur ett fjärranalysperspektiv kan följande aspekter relaterat till effekter/konsekvenser efter storm analyseras och karteras:

1. Kartläggning av platser där stormskador har skett.
 - a. Fortlöpande och systematiskt inventera och rapportera omfattningen av skador och effekter.
 - b. Analysera effekter från stormskador genom att samköra karterade skogsskador med samhällskritisk infrastruktur som vägar, järnvägar, luftledningar etc.
2. Kartering/uppföljning av följd effekter från stormskador.

- a. Skattning av förlorade ekonomiska värden i skogen genom att kombinera skadekarteringar med andra existerande underlag som innehåller information relaterat till ekonomiska värden, exempelvis SGD (Skogliga Grunddata) och NMD (Nationella marktäckedata).
- b. Analys av vilka trädslagsfördelningar som påverkas av stormskador vilket leder till ett lärande och återkoppling till berörda sektorer.
- c. Barkborrar, frostsador, betestryck från vilt.
- d. Riskanalys av förlorade värden kopplat till biologisk mångfald och ekosystem.

8.2 Satellitdata

Både optiska och radarbilder bör användas för att kartlägga platser som har påverkats av en storm. Befintliga metoder bygger i stor utsträckning på optiska satellitdata, vilket inkluderar exempelvis Sentinel-2, Landsat 8 och SPOT. Molntäckning i optiska satellitdata gör komplettering med radardata från till exempel Sentinel-1 SAR särskilt kritiskt vid analys i nära realtid eftersom den använder C-band våglängdradar som passerar genom moln och har en återbesöksperiod på cirka 3-5 dagar över Sverige. Det finns också andra radardata som kan vara aktuella, såsom radardata från satelliten ALOS-2 som använder längre våglängd L-band radar. L-band radar kan penetrera vegetationen ännu längre än C-band och är därför mer känslig för förändringar i vegetationsstrukturen orsakad av stormskador, även om denna satellit har en längre återbesöksperiod på 14 dagar. En annan satellit som kan komma att bli intressant att använda i dessa sammanhang är ESA:s satellit BIOMASS som har P-band radar. BIOMASS beräknas för närvarande sändas upp i oktober 2022.

Kraftiga stormar som genererar stor påverkan på samhället och större skador är koncentrerade till vinterhalvåret, med en klar dominans under perioden november-januari¹. Under denna period på året är tillgången och möjligheterna att effektivt nyttja optiska satellitbilder starkt begränsade vilket gör att en kombination av optiska och radardata vid detektering av stormskador är kritiskt. Att det är svårt att analysera optiska satellitbilder tagna vintertid beror bl.a. på långa skuggor, för lite ljus och snö på marken.

8.3 Metodbeskrivning

Metoderna som beskrivs i detta kapitel är inriktade på att detektera/kartera stormskador på skog (vindfällningar).

Alla beskrivna metoder har begränsningar i upplösning och det är främst grupper av fällda träd som kan detekteras och inte enskilda träd.

8.3.1 Förändringsanalys/skillnadsanalys med tröskelsättning

Förändringsanalyser görs på satellitdata för att upptäcka förändringar i skogslandskapet och metoden är robust och enkel och har använts länge inom skogssektorn. Den är således väl beprövad och utvärderad. För ett bra resultat behövs dock god kunskap om både radiometrisk och geometrisk korrektion för att detektera faktiska förändringar. Traditionellt sett har MIR/SWIR

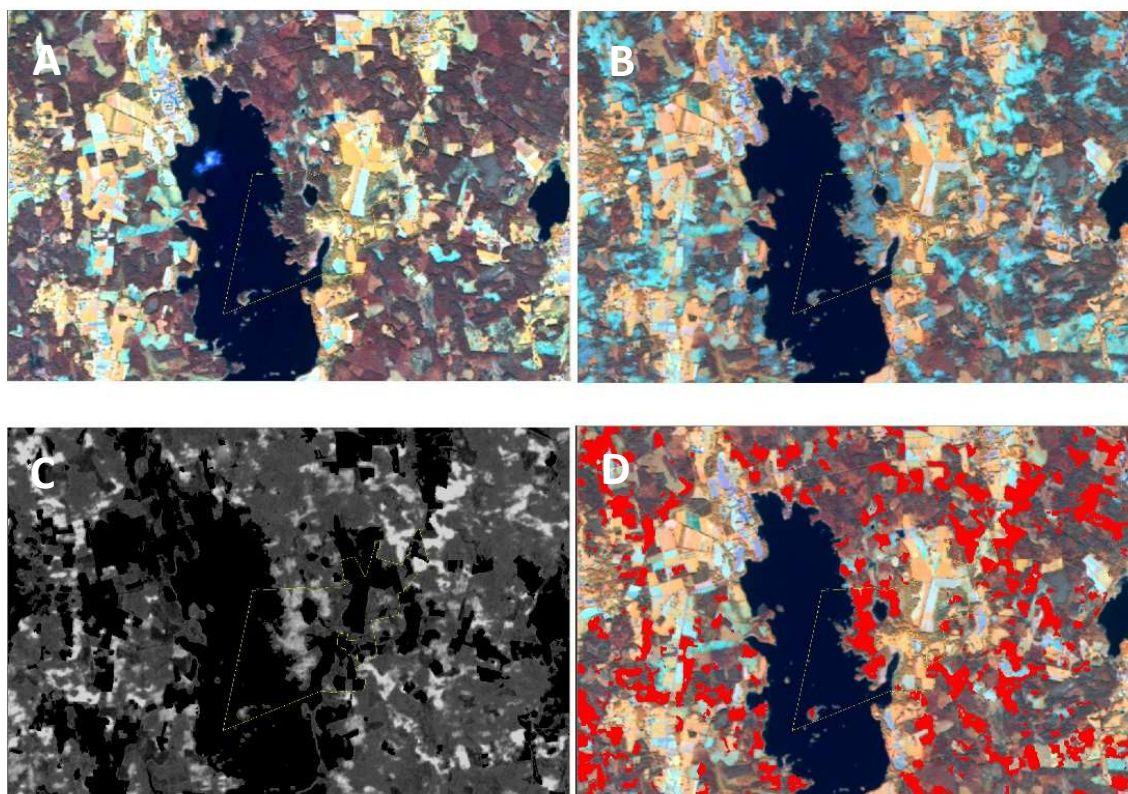
¹ <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/stormar-i-sverige-1.5770>

bandet använts men även den röda kanalen kan användas och har fördelen att den oftast har en högre spatial upplösning.

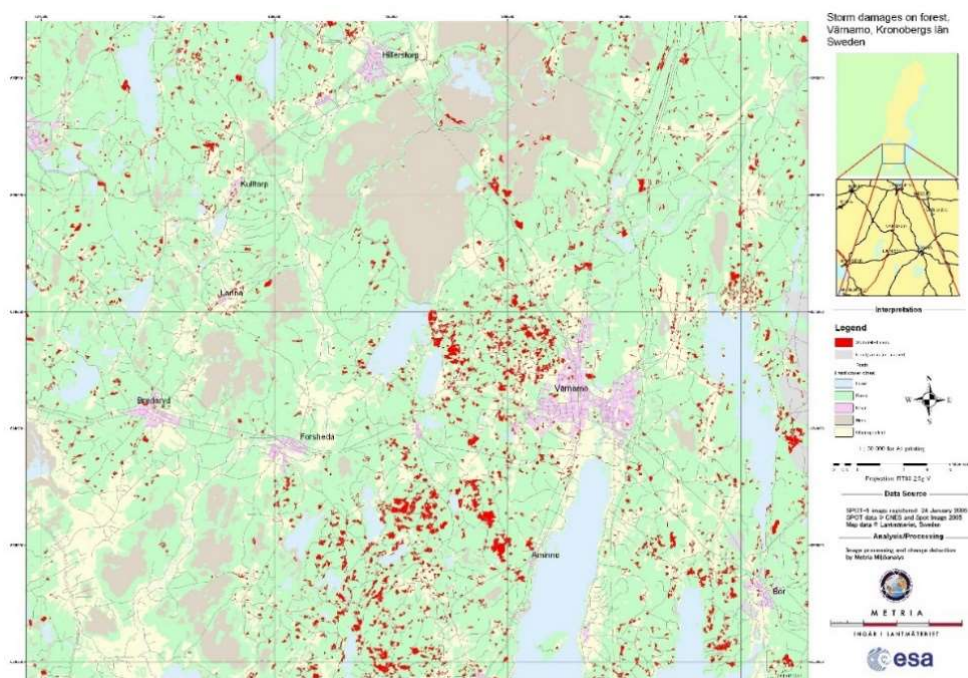
Skillnaden beräknas och i skillnadsbilden sätts sedan ett tröskelvärde för att avgöra hur kraftig förändringen behöver vara för att indikerar det som söks.

För att särskilja stormskador från planerade avverkningar kan information från Skogsstyrelsen användas.

Samma metod kan i princip appliceras på data från ovannämnda radarsatelliter. Ökade värden i radarsignalen kan observeras över stormskadade skogar i både VV (sämpolariserat) och VH (tvärpolariserat) radardataband. Effekten är mest synlig i VH-bandet eftersom det är mer känsligt för den slumpmässiga spridningen av radarsignalen orsakad av det kaotiska arrangemanget av stormskadade träd, i motsats till oskadade träd som har en mer regelbunden struktur som leder till mindre slumpmässig spridning och lägre värden i VH-bandet. En förändringsanalys mellan radarbilder från två datum kan användas för att identifiera möjliga stormskadade områden där det har skett en ökning av VH-signalen.



Figur 6. A. Bild före storm (T1). B. Bild efter storm (T2), C. Skillnadsbild där de ljusa områdena visar en kraftig förändring mellan bild 1 och bild 2, D. Kartering av potentiella skador genom att sätta ett tröskelvärde i skillnadsbilden. Röda områden visar vilka områden som karterats som skogsskador.



Figur 7. Exempel på en kartering av stormskador efter stormen Gudrun 2005.

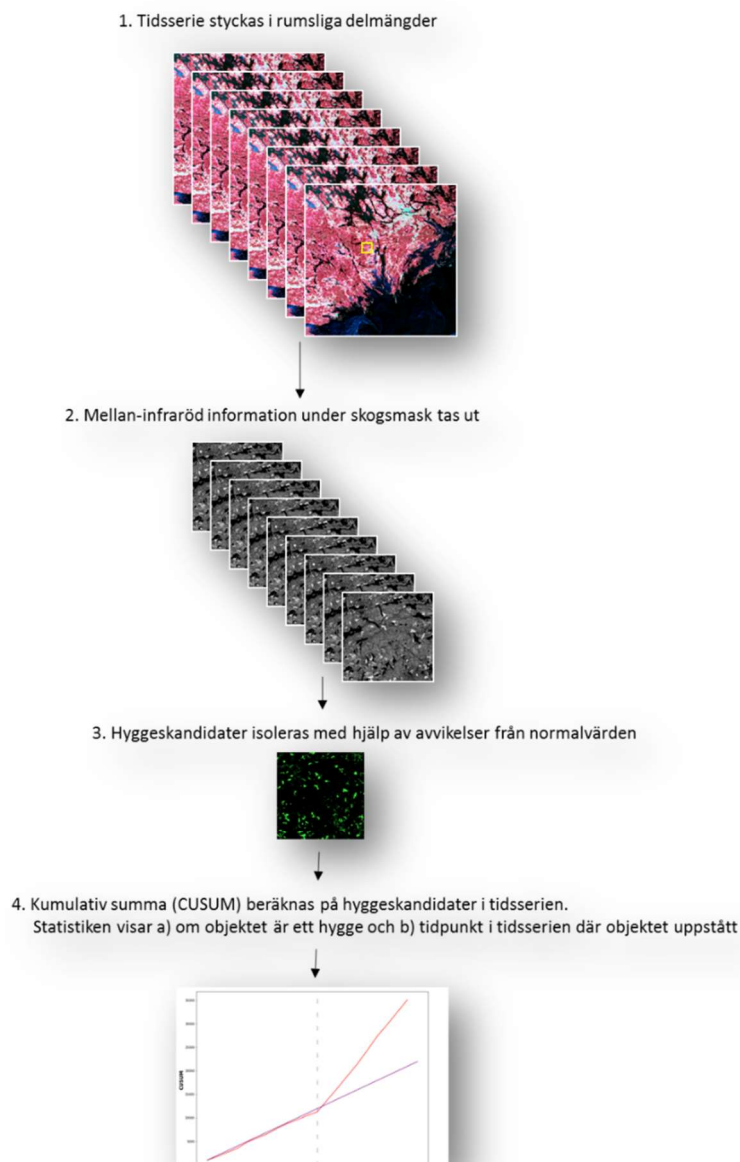
8.3.2 Tidsserieanalys för kartering av stormskador

I och med att tillgången på satellitdata ökar så ökar också möjligheterna att kontinuerligt övervaka landskapsförändringar. I detta kapitel beskrivs kort hur tidsserieanalys inte bara används för att upptäcka en förändring, utan också för att bättre tidsbestämma tidpunkten när förändringen uppstod.

I metoden (visad i Figur 8) används rumsliga delmängder av mellaninfraröd information från Sentinel-2 och Landsat 8. Potentiella objekt isoleras genom att under skogsmask automatiskt isolera objekt som har en hög standardavvikelse från medelvärden i bilden. När kandidatobjekt har isolerats adderas medelvärden av MIR-bandet på samtliga objekt. Den resulterande statistiken visar när hyggesobjektet med stor sannolikhet har uppstått. Luckor i tidsserien p.g.a. moln eller skuggor i direkt anslutning till identifierad brytpunkt i tidsserien ökar osäkerheten för korrekt datumsättning².

Analys av stormskador genom att använda en tidsserie ger, till skillnad från den metod som beskrivs i kapitel 8.3.1, en större möjlighet att fortlöpande och systematiskt inventera och rapportera omfattningen av skador och effekter. Val av metod får bedömas utifrån förutsättningar och syfte.

² Rapport_Ajourhallning_NMD_genom_tidsanalys_av_optiska_satellitdata.pdf



Figur 8. Arbetsflöde för analys av stormskador genom tidsserieanalys.

8.3.3 Vidareförädling och analys

Fjärranalysmetoderna som har beskrivits i detta kapitel kan i kombination med olika geografiska analyser, samkörning med olika myndigheters data samt i vissa fall en vidare analys med hjälp av fjärranalysdata ge stora mervärden. Exempel på denna typ av vidareförädling är:

- Effekter från stormskador kan analyseras genom att samköra karterade stormskador på skog med samhällskritisk infrastruktur som vägar, järnvägar, luftledningar etc. Materiella skador i samhället uppstår i stor utsträckning som en följd effekt av

skogsskador/vindfällan, d.v.s. att den fallna skogen/träden i sin tur skadar samhällskritisk infrastruktur.

- Förlorade ekonomiska värden som uppstår pga. av fallna träd kan skattas genom att kombinera en skogsskadekartering med andra existerande geografiska underlag innehållande information relaterat till ekonomiska värden i skogen, exempelvis skogliga Grunddata (SGD) och Nationella marktäckedata (NMD). Genom analys av vilken typ av skog som främst drabbas av stormskador kan man analysera, också med hjälp av SGD och NMD, vilka trädslagsfördelningar som främst påverkas av stormskador. Denna analys leder till ett ökande lärande och möjlighet till återkoppling till berörda sektorer.
- Skador i skog ger på kort och lång sikt en ökad risk för följdskador på skogen. Många av dessa följd effekter kan i sin tur analyseras men fjärranalys i kombination med geografiska analyser, exempel på detta är skador relaterat till barkborrar, frostsador, betestryck från vilt. På Skogsstyrelsen finns det exempel på denna typ av analys och befintliga verktyg³ för exempelvis riskanalys för granbarkborre.
- Riskanalys av förlorade värden kopplat till biologisk mångfald och ekosystem. Denna typ av analys kräver ett stort kunnande kring vad man söker efter och bör göras i tät dialog med beställaren.

8.4 Beställarunderlag

Samtliga metoder som rör utbredning samt uppföljning av stormskador i skog bygger på data som Metria har tillgängliga eller kan få från en leverantör av öppna Copernicus-data. Vid en beställning av något av ovanstående behöver följande framgå:

1. Önskat studieområdet som ska ingå i respektive analys, t.ex. koordinater, platsnamn alternativt area runt en viss koordinat/plats
2. Datumet/n som är intressanta.
3. Önskade parametrar (t.ex. trädslag (lövskog, barrskog), fastighetsbeteckningar el. dyl.).
4. Önskemål om format på leveransen (t.ex. kartor (utskrift, PDF), rasterbild (GeoTIFF, JP2), vektorfiler (shape, geodatabas). Storlek och/eller upplösning anges om relevant.)

9 METODSAMMANSTÄLLNING BRAND

I Sverige inträffar varje år mellan 3 000 och 4 000 bränder i skog och mark. Gräsbränder förekommer framför allt tidigt på våren, medan skogsbränder vanligen inträffar i perioden maj till juli. Klimatförändringen väntas påverka brandrisken. Såväl ytan som brinner som skogsbrändernas antal kan komma att öka. SMHI konstaterar att frekvensen av högriskperioder ökar samt att dessa perioder blir längre. Även längden på brandrisksäsongen ökar i hela landet men mest i södra Sverige.

Metria har under flera år på uppdrag av MSB arbetat med att utveckla bränsletypskartor för analys av brandrisk.

³ <https://kartor.skogsstyrelsen.se/kartor/>

9.1 Möjligt resultat

Ur ett fjärranalysperspektiv kan följande aspekter av bränder analyseras och presenteras:

1. Risk för vegetationsbrand (genom analys av torka och vegetationstyper).
2. Aktiva brandförlopp.
3. Uppföljning av tidigare bränder.
4. Detektering av bränder

9.2 Satellitdata

Samtliga kategorier av analyser inom bränder bygger huvudsakligen på optiska satellitdata, vilket kan inkludera Sentinel-2 och Landsat 8. Molntäckning i optiska satellitdata gör komplettering med radardata från till exempel Sentinel-1 särskilt kritiskt vid analys av aktiva brandförlopp.

Bränder kan också detekteras med hjälp av vädersatelliter och jordobservationssatelliter genom att t.ex. analysera ovanlig värme- eller rökutveckling. För detta kan t.ex. MODIS, VIIRS eller Sentinel-3 vara aktuellt. Den grova upplösningen i dessa sensorer gör dock utbredningsanalyser av pågående bränder svåra att genomföra effektivt.

9.3 Metodbeskrivning

9.3.1 Riskanalys för framtida bränder

Analys av brandrisk kan vara ett viktigt underlag i modellering av skogsbränder eller för att styra insatser i pågående bränder. Analyserna kan grovt delas in i två kategorier, risk baserad på kortvariga eller på långvariga variabler⁴. Kortvariga variabler bygger på aktuella väder- och klimatförhållanden där höga temperaturer och låg nederbörd ger en högre brandrisk. Långvariga variabler kan omfatta vegetationstyp och topografi som inte förändras i kortare tidsperspektiv.

Brandriskprognoser på meteorologisk basis⁵ görs idag av SMHI på uppdrag av MSB. I dessa prognoser används information från markbaserade mätningar och det skapas en grovt upplöst skattning av relativ risk. Med satellitdata kan högupplöst information om faktiska markförhållanden tas fram, vilka kan komplettera den meteorologiska informationen.

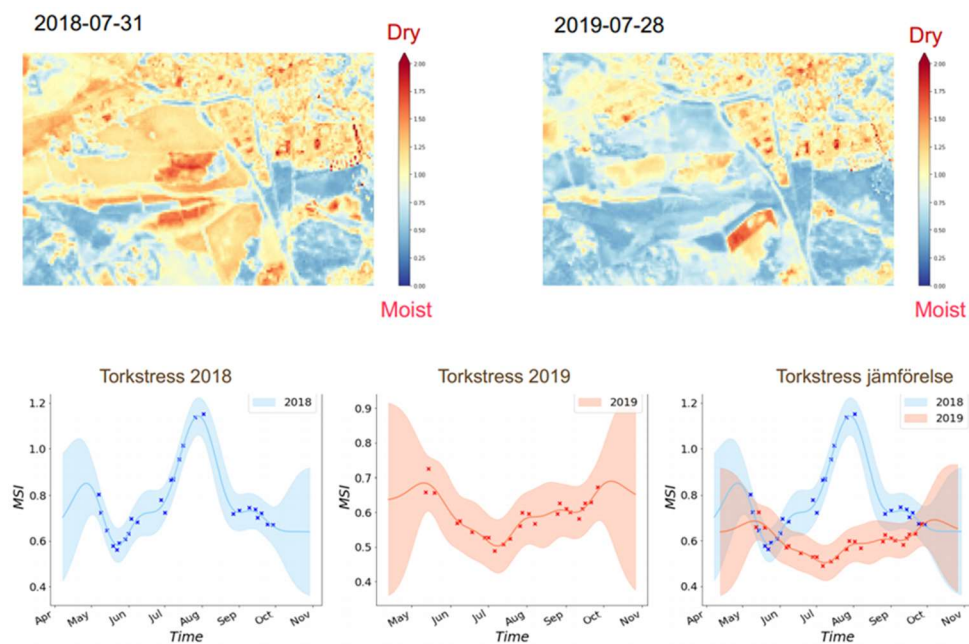
Indexberäkningar på spektrala värden kan användas för att mäta relativ fuktighet. Exempel på tillämpbara index är Moisture Stress Index (MSI), Normalized Difference Infrared Index (NDII) och Normalized Difference Water Index (NDWI).

I Figur 9 visas resultat från en pilotstudie som RISE och Luleå Tekniska Universitet genomförde under 2019. Studien baserades enbart på data från Sentinel-2 och MSI, men kan i kombination med markbaserade mätningar och annan meteorologisk information skapa goda förutsättningar för att ge indikationer för uttorkning med hög upplösning.

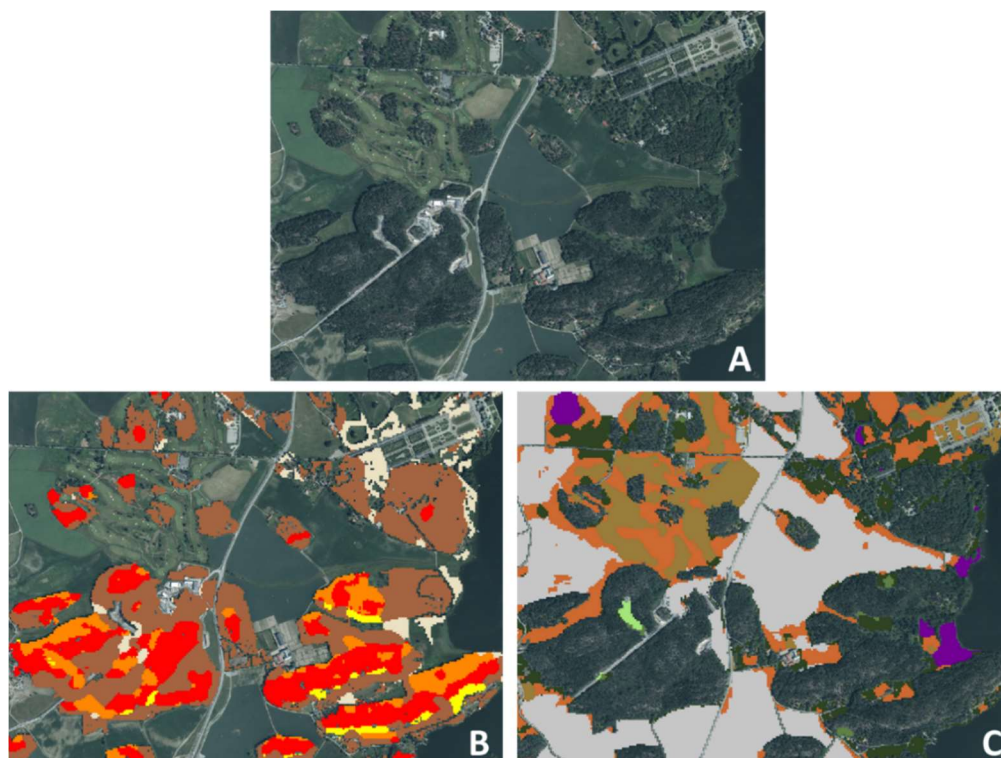
Metoder som bygger på spektrala index från satellitbilder fungerar bäst i öppna marker eftersom trädskronor förhindrar direkta mätningar av markförhållanden i skog.

⁴ (Szpakowski, 2019)

⁵ <https://www.smhi.se/vader/varningar-och-risker/brandrisk>



Figur 9: Exempel från pilotstudie i Rymsdatalabbet genomförd av RISE och LTU i Mälardalen. Genom att applicera indexet Moisture Stress Index (MSI) kan en aktuell lägesbild på pixelnivå genereras, samt indikationer på avvikande trender under olika perioder.



Figur 10: Illustration av bränsleklasser i skogsmark (B) samt öppen mark (C) med ortofoto (A) som bakgrund. Bilderna visar södra delen av Lovön i Ekerö kommun. Uppdatering av klasser i öppen mark kan vara motiverat för att ge en aktuell lägesbild vid förhöjd meteorologisk brandrisk, eller vid analys av ett aktuellt brandförlopp

För analys av brandrisk baserat på vegetation har Metria utvecklat bränsletypskartor⁶ i och utanför skogsmark. Bränsletyper inom skogen bedöms som stabila, med undantag för behov av uppdateringar vid avverkningar eller annan störning. Bränsleklasser utanför skogsmark är mer dynamiska och bör uppdateras säsongsvist för att ge en så aktuell bild av läget som möjligt. Med tillgång till aktuella satellitdata från Sentinel-1 samt Sentinel-2 kan dessa uppdatering göras relativt snabbt.

9.3.2 Aktiv brand

Fjärranalys erbjuder viktiga verktyg vid kartering av aktiva brandförlopp. Till exempel kan optiska satellitbilder ge en snabb överblick över aktiva fronter eller visualisera rökplymer från bränder, men detta ställer krav på tillgänglighet av bilder vid lämpliga tidpunkter samt med låg molntäckning. Sentinel-2 ger nya bilder var tredje till femte dag över ett givet område beroende på latitud, utan garantier för lämpliga väderförhållanden. För att fylla temporala gap i data och öka chansen till användbara bilder kan andra satelliter, som Landsat 8 användas. Denna typ av material kan relativt snabbt tillgängliggöras av Metria vid en aktiv insats vid normala förhållanden (mellan 12–24 timmar från ackvisition). Genom aktivering av Disasters Charter eller Copernicus-programmets katastroftjänst kan tillgång till bilder från flera tillfällen från fler sensorer möjliggöras, vilket ökar den operativa användbarheten av satellitinformationen.

Vid avsaknad av molnfria optiska satellitbilder och utan tillgång till ytterligare data finns behov av alternativa metoder för operativ information vid bränder. I detta syfte har ansatser gjorts för att integrera radardata i analyser. Ett exempel är en metod utvecklad av forskare vid KTH⁷ som använder Sentinel-1 data i tidsserier för att med en maskininlärningsmodell extrahera pixlar som är brandpåverkade. Metoden kan tillämpas på samtliga radarbilder som tillgängliggörs vilket ökar den potentiella temporala upplösningen, något som är kritiskt vid ett aktivt brandförlopp.

Metoden testades i studieområden i Nordamerika som påverkats av större bränder. För tillämpning i Sverige krävs utvärdering av tidigare bränder och insamling av referensdata i form av kända brandytor. Eftersom majoriteten av bränder i Sverige har en begränsad storlek är denna metod mest tillämpbar på extrema bränder som Västmanlandsbranden 2014 eller bränderna i Ljusdal 2018.

9.3.3 Tidigare bränder

Insamling av data kring tidigare bränder erbjuder möjlighet att följa upp effekter, sammanställa rikstäckande statistik samt ger referensdata till maskininlärningsmodeller för framtida analys av aktiva brandförlopp. Fjärranalys erbjuder kostnadseffektiva metoder för att genomföra denna insamling med hjälp av optiska satellitdata.

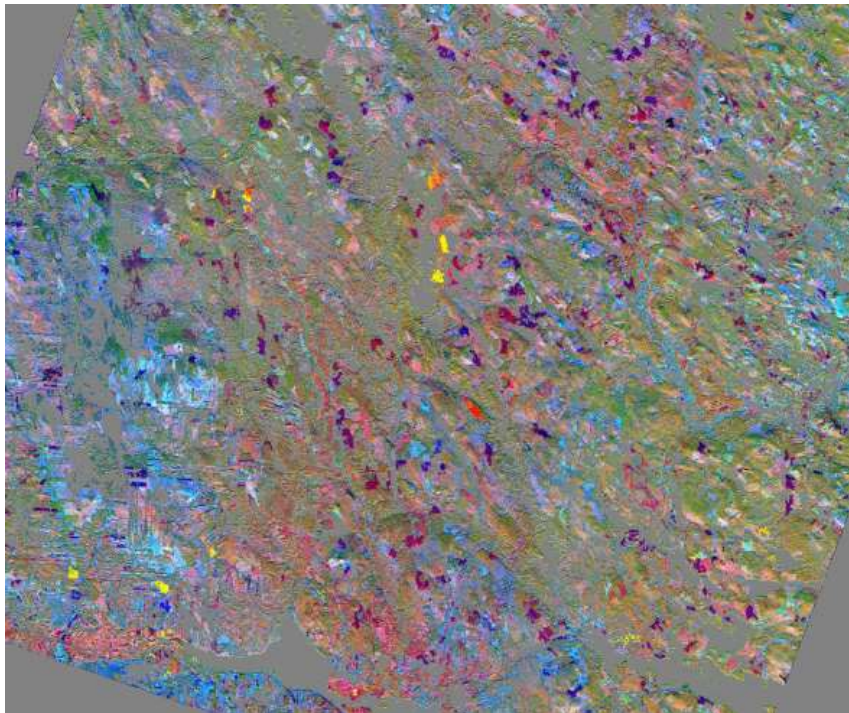
Ett exempel från Sverige är en studie som Metria genomförde på uppdrag av Länsstyrelsen i Dalarnas län 2011⁸ för att undersöka möjligheter att på årlig basis skapa ett uppdaterat skikt med brandfält. Studien baserades på data från satelliter som SPOT och IRS med begränsad temporal

⁶ <https://msb-bbk.metria.se/>

⁷ (Ban, 2020)

⁸ (Länsstyrelsen i Dalarnas län, 2011)

upplösning och bygger på en jämförelse av nya satellitbilder med en referensmosaik för att detektera förändringar orsakade av brand. Metoden kan helt eller delvis automatiseras och kombineras med spektrala index för att mäta kolhalter som Burned Area Index (BAI).



Figur 11: Exempel på förändringsbild som genereras med metoden utvecklad av Metria 2011 för att identifiera brandpåverkade ytor.

Resultaten visade en noggrannhet på 60–90 % beroende på hur marken behandlats efter brand, till exempel genom avverkning. Användning av t.ex. Sentinel-2, med större potentiell tillgång till användbara bilder ger goda möjligheter att förbättra resultaten där noggrannheten är låg.

9.3.4 Detektering av skogsbränder

Satellitbilder har använts för att upptäcka skogsbränder i flera decennier. I synnerhet har MODIS (MODerate resolution Imaging Sensor) och dess efterföljare VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) varit lämpliga för att detektera skogsbränder. Satellitdata används för att skapa tre parameter/datasets: NDVI, temperatur av markytan och termiska anomalier. Dessa är underlag för klassificering, i kombination med neurala nätverk (CNN) eller maskininlärning (SVM), och har uppnått mycket hög noggrannhet: 98% respektive 97,5%.

Sensorer som Landsat-7 (band 6) och LS-8 (TIRS) fungerar bra för att upptäcka termiska anomalier (dvs. bränder). Den största nackdelen är att den nominella återkomsttiden är 16 dagar och även med den omfattande överlappning av omloppsbanor som uppstår i Sverige är återkomsttiden inte tillräcklig för kontinuerlig övervakning. De flesta optiska satelliter (t.ex. Sentinel-2) saknar ett termiskt band, så rök och moln begränsar möjligheten att upptäcka skogsbränder markant.

Den rumsliga upplösningen för satellitbilder från MODIS och VIIRS är i storleksordningen 1 km per pixel så endast större bränder (eller mindre bränder som är tillräckligt varma och tillräckligt stora

för att påverka signalen inom en enda pixel) kan hittas med sådana bilder. Däremot tas en bild av hela landet varje dag och troligen flera gånger om dagen i norra Sverige. Data från MODIS- och VIIRS är tillgängliga från NASA. Även Sentinel-3 kan vara användbar om det handlar om riktigt stora bränder.

Inom en snar framtid kan CubeSats, eller nanosatelliter, spela en stor roll när det gäller upptäckt av bränder. De är relativt billiga att konstruera och just nu finns det över 1000 CubeSats i rymden. En konstellation av CubeSats som innehåller bara två sensorer, infraröd och mellan-infraröd, kan ge kontinuerlig täckning över den stora majoriteten av jorden som kan vara utsatt för bränder - med hög rumslig upplösning (200 m) och en mycket snabb återbesökstid (1-2 timmar).

9.4 Beställarunderlag

Samtliga metoder som rör riskanalys, utbredning samt uppföljning av bränder bygger på data som Metria har tillgängliga eller kan få från en leverantör av öppna Copernicus-data.

En viktig förutsättning för att effektivt kartera aktiva bränder enligt metoden utvecklad av Ban (2020) är att ett referensdataset med nationell täckning existerar. Det finns inget sådant idag, men Metria har i tidigare uppdrag (Länsstyrelsen i Dalarnas län, 2011) visat att det är möjligt att generera ett sådant med hjälp av optiska satellitdata.

Vid en beställning av något av ovanstående behöver följande framgå:

1. Önskat studieområdet som ska ingå i respektive analys, t.ex. koordinater, platsnamn alternativt area runt en viss koordinat/plats.
2. Datumet/n som är intressanta.
3. Önskade parametrar (t.ex. trädslag, marktäcke, fastigheter el.dyl.).
4. Önskemål om format på leveransen ((t.ex. kartor (utskrift, PDF), rasterbild (GeoTIFF, JP2), vektorfiler (shape, geodatabas). Storlek och/eller upplösning anges om relevant.)

10 METODSAMMANSTÄLLNING VATTENSTÅNDSFÖRÄNDRINGAR

Enligt en rapport från Regeringskansliet ligger ungefär 150 000 byggnader i riskzonen för vattenskador/erosion på grund av havshöjning. Värdet av dessa fastigheter är cirka 220 miljarder kronor (2007). Uppemot 20 % av Skåne och Blekinge ligger under fem meter över havet vilket innebär ökade risker från det så-kallade 100-års flödet. Men dagens 100-års flöde (storleksmässigt) beräknas bli ett 20-års flöde innan sekelskiftet.

10.1 Möjligt resultat

Ur ett fjärranalysperspektiv kan följande aspekter relaterat till vattenståndsförändringar analyseras och karteras:

1. En kartläggning av kustnära områden som påverkas av havshöjning och/eller marksänkning.
2. En modellering av drabbade områden baserad på ett vattenhöjningsscenario. T.ex. att havsvattnet stiger med 80 cm längs västkusten. Vilka städer och vilken viktig samhällsinfrastruktur (vägar, järnväg, reningsverk, osv) som kan drabbas. Statistisk information om potentiellt drabbade objekt (t.ex. procentuell andel av grundskolor eller äldreboende).

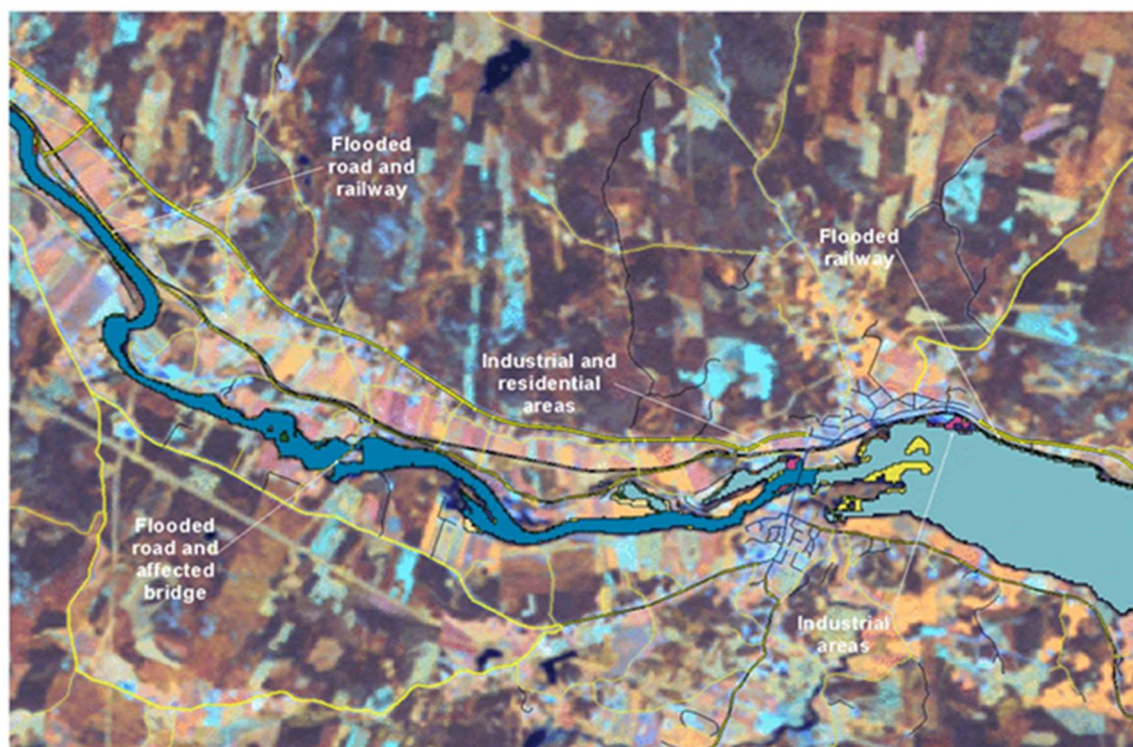
10.2 Satellitdata

Vanligtvis används höjddata för att identifiera kustnära områden som kommer att drabbas av vattenståndsförändringar. Med dagens teknologi kommer satellitdata inte att kunna ersätta höjddata för att med hög precision identifiera potentiellt drabbade platser. Däremot är höjddata statiska vid tiden som platsen laserskannades. Satellitdata kan användas som komplement för att ge en "nu-bild" av kustnära områden samt övervaka en region under en längre tidsperiod.

För regionala studier fungerar satellitbilder från t.ex. Sentinel-1 och Sentinel-2. Mer detaljerade undersökningar kräver mycket högupplösta satellitbilder (Spotlight mod för radarbilder, GeoEye, WorldView) vilket i regel medför höga datakostnader.

10.3 Metodbeskrivning

Analyser av vattenståndsförändring omfattar oftast modellering av ett framtidsscenario. T.ex. går det att konstatera att vattenståndet under en "vanlig" vårstorm i Videbergshamn kommer att vara 1,5 m högre år 2050 än idag. I dessa modelleringar är det viktigt att ta hänsyn till den naturliga landhöjning som sker över hela den skandinaviska halvön. Årliga medelvärden för landhöjning har tagits fram av SGU och används för att justera indata (höjddata).



Figur 12: Klassning av en översvämning längs Ljungan 2002 som visar påverkade områden samt samhällsviktiga objekt som motorvägar och tågspår samt industriområden (som kan innehålla t.ex. farliga kemikalier).

Metoderna för att identifiera och övervaka vattenståndsförändringar med satellitdata liknar metoderna för att kartlägga översvämningar. Den spektrala signalen av vatten gör det lätt att identifiera pixlar som representerar stående vatten. Vatten (polar, sjöar och vattendrag) ser oftast

mörkt ut i en satellitbild. Med hjälp av spektralinformation i de korta våglängderna (blå och infraröd) tillsammans med relevanta index (NDVI, NDWI) är det möjligt att separera vattenpixlar från närliggande pixlar som inte är vatten.

10.4 Beställarunderlag

Analyserna bygger på data som är tillgängliga lokalt (laser- och höjddata) och/eller på Sentinel-data som Metria har tillgängliga. Lokala höjddata med högre upplösning än NH+ finns för många städer och kommuner. Om studieområdet inkluderar sådana platser är det optimalt att få tillgång till dessa datakällor. Vid en beställning behöver följande framgå:

1. Önskat studieområde som ska ingå i respektive analys, t.ex. koordinater, platsnamn alternativt area runt en viss koordinat/plats
2. Om analysen innebär ett särskilt översvämningsscenario (t.ex. att havsvattennivå har ökat med 1,4 m) ska parametrarna inkluderas i beställningen.
3. Önskemål om format på leveransen. Denna kan vara en karta eller en raster/vektorfil som är tillämpad att använda i ett GIS.

11 METODSAMMANSTÄLLNING OLJESPILL

Utsläpp av olja utmed kusten eller i sjöar orsakar allvarliga skador på havs- eller sjöbottnar samt på växt- och djurliv. Oljan som släpps ut måste tas om hand så snabbt som möjligt för att begränsa skadorna. Fartygstrafiken och oljetransporterna har ökat och väntas fortsätta öka. Det innebär en ökad risk för oljeutsläpp i svenska vatten. Större oljeutsläpp är dock ovanligare idag än för några decennier sedan.

11.1 Möjligt resultat

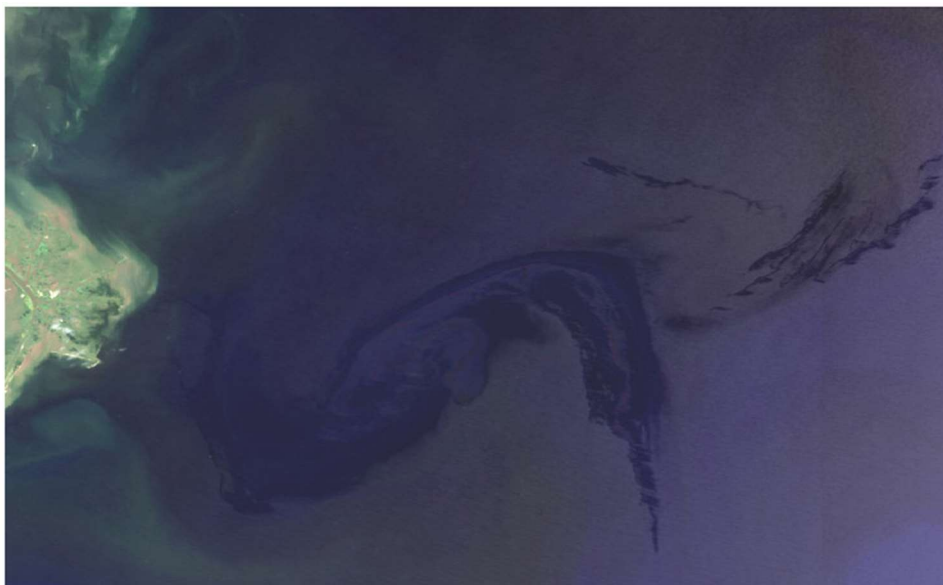
Ur ett fjärranalysperspektiv kan följande aspekter relaterat till oljespill analyseras och karteras:

1. Identifiering av oljeutsläpp (görs i Copernicus Emergency Service)
2. Kartering av hur ett oljeutsläpp sprids på vattnet inklusive statistik som arealen av utsläppet och hur denna utvecklas.

11.2 Satellitdata

Det är främst radarbilder som används för att kartlägga utvidgningen av oljeutsläpp på havet. Radarbilder är inte beroende av vare sig sol eller klart väder och därför kan utnyttjas i de flesta situationer. Relativt stora oljeutsläpp (t.ex. fartyg) kan identifieras och karteras med data från Sentinel-1 som har hög rumslig upplösning och stor täckning.

Optiska bilder kan användas om det är molnfritt. Oljeutsläppet syns tydligt i bilden nedan eftersom vatten och olja har olika spektrala och reflektionsegenskaper. Tydligheten kan påverkas negativt om solen skiner just på vattenytan. Infraröd information kan utnyttjas för att identifiera oljan eftersom den absorberar ljus vid specifika våglängder (Sentinel-2 band NIR (0,8 μm) samt 1,2, 1,73 och 2,3 μm). Termisk infraröd information (från t.ex. Landsat-8) kan användas eftersom olja håller värmen bättre än vatten. Således är det möjligt att se temperaturskillnaden när solen har varit uppe tillräckligt länge (t.ex. på eftermiddagen).



Figur 13: Oljeutsläppet syns tydligt i denna optiska satellitbild över havet. Oljan absorberar ljus annorlunda än vatten vilket gör det möjligt att kartlägga utvidgningen av utsläppet.

11.3 Metodbeskrivning

Petroleumprodukter har en dämpande effekt på vattenytan vilket leder till svagare vågaktivitet. I en radarbild syns stora oljeutsläpp som mörka, oftast enhetliga, områden. Virvlar brukar uppstå efter en tid och gör utsläppet mer diffust. Oljespill identifieras med fjärranalystekniker som Grå-nivåmatrix (GLCM) och tröskling/segmentering av radarbilden i samband med spatialfiltrering.

Om molnfria optiska bilder är tillgängliga kan skillnaden i färg mellan olja och havsvatten utnyttjas för att identifiera och separera områden täckta med olja från oljefria ytor. En sådan analys kan göras med hjälp av tröskling eller till och med med hjälp av magic-wand verktyget i Photoshop.

11.4 Beställarunderlag

Analysen bygger på data som Metria har tillgängliga eller kan få från en leverantör av öppna Copernicus-data. Vid en beställning behöver följande framgå:

1. Önskat studieområde

12 METODSAMMANSTÄLLNING IS

SMHI har statistik om is i Sverige i form av observationer av tidpunkten för isläggning och islossning i ca 130 stora och medelstora sjöar. I sjöar där observationer av isläggning och islossning har pågått många år märks en tendens till att isläggningen kommer senare och islossningen tidigare. I framtiden väntas perioden med istäcke förkortas och antalet år som är isfria att öka.

12.1 Möjligt resultat

Ur ett fjärranalysperspektiv kan följande aspekter relaterat till isläggning analyseras och karteras:

1. Kartläggning av var is har bildats över hav, sjöar och stora vattendrag (minsta möjliga bredd gäller floder). Kartlägningsresultatet kan produceras löpande, med en fullständig rikstäckande iskartläggning varje vecka. Resultatet kan också produceras på årsbasis, där den maximala utsträckningen av is beskrivs. Ytterligare information kan extraheras från kartläggningen av is såsom tillväxthastigheter för is, datumintervall för ismaximum, tidsprofiler av procentuell istäckning över sjöar eller vattendrag.
2. Historiska analyser och statistik över hur isläggningen över Sverige har förändrats kan tas fram från nittiotalet.

12.2 Satellitdata

För kartläggning av is används data från radarsatelliter, t.ex. Sentinel-1. Sentinel-1 har en upplösning på 10 meter och för en korrekt kartläggning av is över floder måste floden vara minst lika bred som en pixel, alltså 10 meter. För historiska analyser kan radarbilder från satelliterna ERS-1 och ERS-2 användas. Radarbildsarkivet sträcker sig tillbaka till 1991, fast tidsintervallen är något glesare än med Sentinel-1 bilder. ERS-bilder har en upplösning av ca 30 meter.

12.3 Metodbeskrivning

Is kan kartläggas med hjälp av radarbilder. Mikrovågsstrålning från radarsatelliter strålas mot jordytan, den returnerade strålens energi mäts vid satellitsensorn och den mottagna energimängden representeras av ljusstyrkan i radarbilden. Dessa signaler ger information om hur mycket energi som har gått förlorad genom spridning till olika marktytor, vilket kan utnyttjas för att kartlägga istäckning. Ytan på sjöar och floder är relativt slät. Eftersom radarstrålen riktas mot jordytan i en lutande vinkel på 30° - 45,0° kommer varje slät yta att reflektera strålen bort från satellitsensorn. Vattenområden är således vanligtvis mörka i radarbilder eftersom de reflekterar bort det mesta av radarstrålen. Is är emellertid relativt grov/ojämn och luftbubblor och en ojämn yta tenderar att sprida radarstrålen, vilket resulterar i att mer av radarstrålen reflekteras direkt tillbaka mot satellitsensorn. Isområden framträder därför ljusare än det omgivande vattnet.

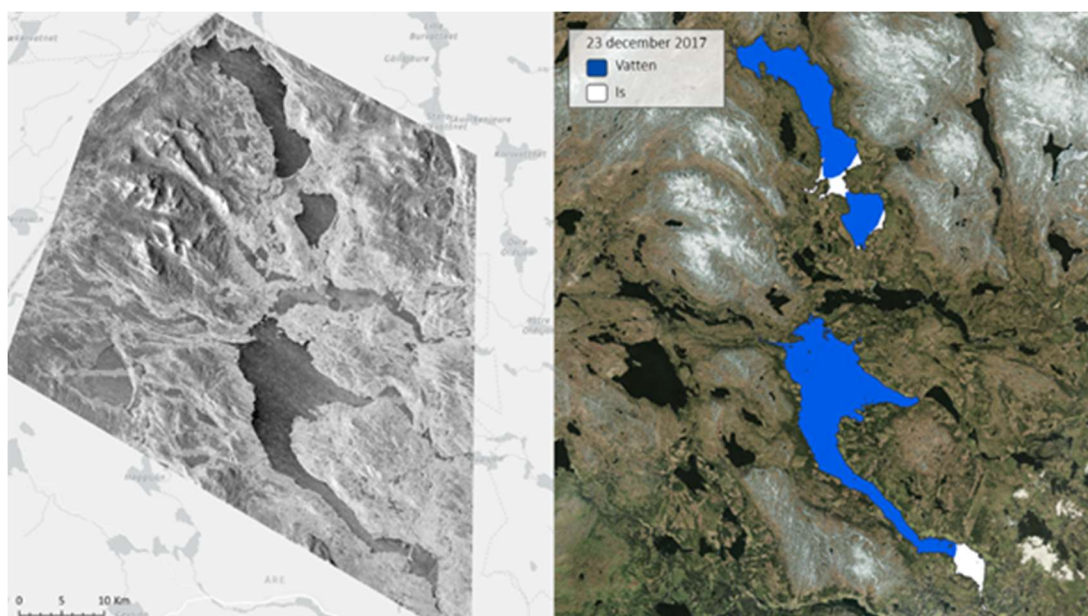
Se figur 14 och 15 nedan.

För att kartlägga is krävs därför en operatör/användare som bestämmer en lämplig ljushetströskel för att applicera på radarbilden för att separera is och vatten. Annars kan en maskininlärningsmodell tränas på referensradarbilder för att förutsäga om en pixel är is eller vatten.

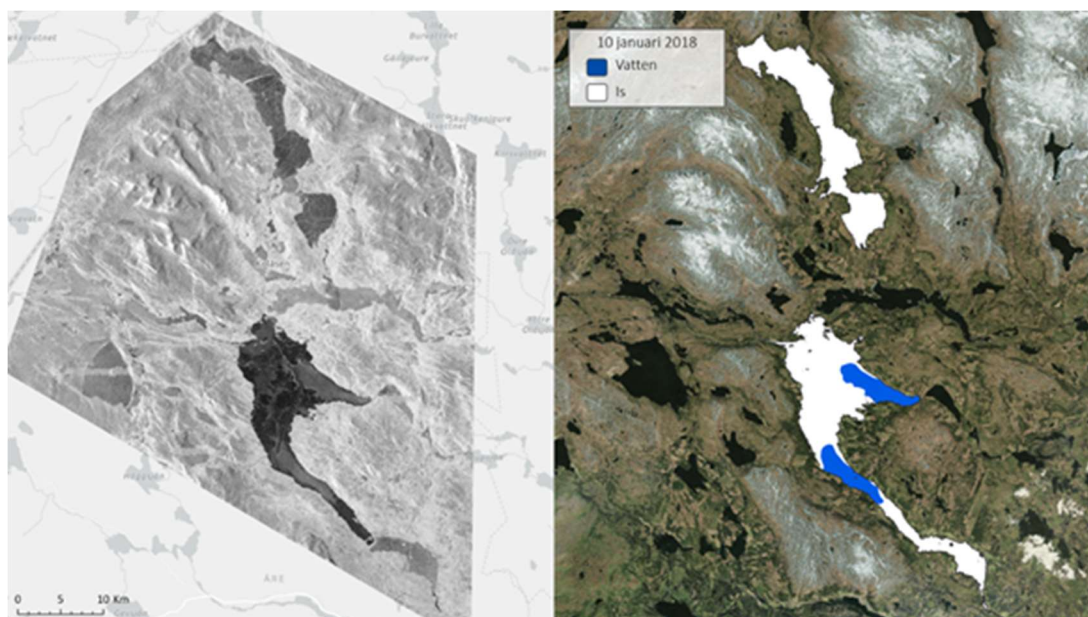
12.4 Beställarunderlag

Analyserna bygger på data som Metria har tillgängliga eller kan få från en leverantör av öppna Copernicus-data. Vid en beställning behöver följande framgå:

1. Var kartläggningen ska genomföras - t.ex. koordinater, platsnamn, sjö/vattendrag
2. Datum eller tidsspänn eller startpunkt.
3. Önskemål om format på leveransen (t.ex. utskrift, PDF, GeoTIFF, shape, geodatabas).



Figur 14 Kartläggning av is över Torrön & Kallsjön, resultat (höger) från Sentinel-1 bild (vänster) 2017-12-23



Figur 15 Kartläggning av is över Torrön & Kallsjön, resultat (höger) från Sentinel-1 bild (vänster) 2018-01-10

13 METODSAMMANSTÄLLNING SNÖ

Klimatförändringarna väntas leda till att snötäckets varaktighet minskar. SMHI tillhandahåller observationsdata för snödjup samt karteringar av snötäckets utbredning och varaktighet.

13.1 Möjligt resultat

Ur ett fjärranalysperspektiv kan följande aspekter relaterat till snötäcket analyseras och karteras:

1. Kartering av utbredning av snö vid olika tillfällen. Informationen kan ligga till grund för övervakning av trender, vilket kan användas för att identifiera ackumulation av ovanligt stora snömängder och ökad risk för stora vårflöden vid avsmältning.
2. Mätningar av snödjup, detta är dock komplicerat att ta fram enbart med hjälp av satellitdata och Metria har inte befintliga metoder för detta i nuläget.

Metodbeskrivningen i denna rapport kommer att fokusera på kartering av snöutbredning.

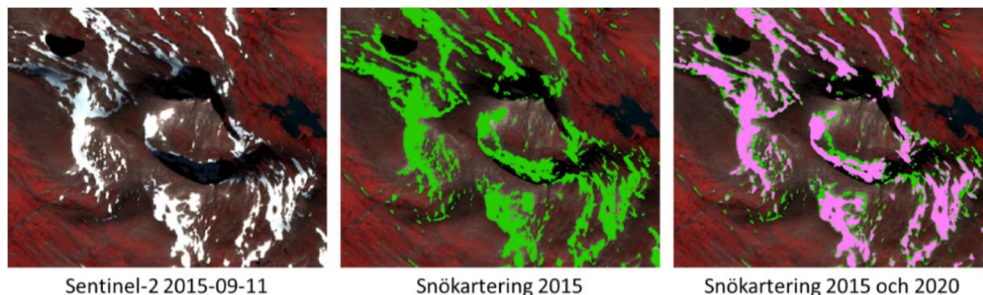
13.2 Satellitdata

Optiska satellitdata med information från det gröna och kortvågiga infraröda spektrat kan användas för att generera en kartering av snö. Sentinel-2 och Landsat 8 uppfyller båda dessa krav, och kan användas i kombination.

Vad gäller snödjup så har analyser med hjälp av Sentinel-1 har bland annat genomförts av Lieven (2019) med positiva resultat. Karteringarna är dock lågupplösta och bygger på tillgång till referensdata från kommersiella radarsensorer. Författarna beskriver flygburen LiDAR-scanning som den mest pålitliga metoden för snödjupskarteringar.

13.3 Metodbeskrivning

En kvotberäkning av grön och kortvågig infraröd information ger höga värden vid förekomst av snö och kan antingen trösklas fram, eller användas som träningsdata för en maskinbaserad kartering. En metod enbart baserad på tröskling medför att snötäckta pixlar i skugga underskattas, vilket gör att en maskinbaserad klassning är mer exakt, särskilt i fjällmiljöer.



Figur 16: Exempel från kartering av minsta utbredning av snötäcke i en tidsserie av bilder från Sentinel-2. Grön färg visar kartering av snö under 2015, rosa snö under 2020. Jämförelser över olika år ger möjlighet att se trender och till exempel identifiera ovanligt stora mängder snö.

Metoden är molnkänslig, och därför måste molnfria satellitbilder, alternativt satellitbilder i tids-serier användas. Eftersom molnfria satellitbilder är relativt ovanliga i fjällmiljöer är tidsserier den mest realistiska metoden för att generera snökarteringar. Detta innebär att det är svårt att generera ögonblicksbilder, utan resultatet är snarare trender över veckor alternativt månader.

13.4 Beställarunderlag

Metoder för snökartering bygger på data som Metria har tillgängliga lokalt, eller via leverans från en leverantör med tillgång till öppna Copernicus-data. Vid en beställning behöver följande framgå:

1. Studieområdet som ska ingå i respektive analys
2. Datumet/n som är intressanta.
3. Önskemål om format på leveransen (t.ex. utskrift, PDF, GeoTIFF, shape, geodatabas).

För att kunna kartera snödjup krävs ytterligare metodutveckling.

14 KLIMATANPASSNINGSAÅTGÄRDER OCH EFFEKTER AV DESSA

Klimatförändringarna resulterar bland annat i mildare vintrar, stigande havsnivåer, ändrade flöden i vattendragen, längre perioder av torka och längre växtsäsong. Klimatanpassning är åtgärder som syftar till att anpassa samhället till de konsekvenser som ett förändrat klimat kan medföra. Det handlar både om åtgärder som minskar sårbarheten för klimatrelaterade händelser och åtgärder som tar vara på positiva effekter som ett förändrat klimat ger.

Den Nationella strategin för klimatanpassning (prop. 2017/18:163) antogs av riksdagen 2018 med syfte att stärka det långsiktiga klimatanpassningsarbetet i Sverige och den nationella samordningen av klimatanpassning. Arbetet med den nationella anpassningen regleras genom Förordning om myndigheters klimatanpassningsarbete (SFS 2018:1428) som trädde i kraft 2019. 32 myndigheter och samtliga länsstyrelser berörs av förordningen.

Klimatanpassning kan gälla t.ex. planering av bebyggelse och infrastruktur, ekosystemtjänster eller grön infrastruktur. Vissa av de åtgärder som görs kan övervakas med hjälp av fjärranalys, liksom effekten av dem. Fjärranalys kan också vara ett verktyg i planeringen av klimatanpassningsåtgärder. Några exempel på åtgärder där fjärranalys kan komma till nytta i planering, kartering eller effekttuppföljning listas nedan. Det finns dock en stor mängd möjliga klimatanpassningsåtgärder och listan är således långt ifrån komplett.

- Våtmarker: t.ex. övervakning av våtmarker, kartering av torvtäckta platser, dikeskartering och planering av proppning av diken samt övervakning av effekter.
- Vallar: t.ex. kartering av vallar och övervakning av effekter vid översvämningar.
- Vägtrummor: t.ex. kartering av befintliga vägtrummor (en sådan kartering saknas i dag) och övervakning av effekter.
- Grönområden/grön infrastruktur: Kartlägga förändringar samt effekter (t.ex. hur regnet kan infiltreras istället för att bidra till översvämning)
- Hårdgjorda ytor: Kartläggning av hårdgjorda ytor och dess förändring (ökning/minskning) samt kartläggning av effekter (översvämningar, värmekärnor).
- Utsläpp: Kontinuerlig övervakning för att undersöka förändring av vissa ämnen (ozon, kvävedioxid, svaveldioxid, kolmonoxid, metan och/eller formaldehyd). Kontroll av minskning av utsläpp (eller ev ökning) av t.ex. CO₂.
- Brandområden: Övervakning av återhämtningen av områden som varit drabbade av bränder (se även kapitel 9).

15 INTERNATIONELLA SAMMANHANG

Denna rapport fokuserar på användning av fjärranalys i Sverige. Satellitbilder är dock tillgängliga globalt och fjärranalys är således ett verktyg som kan användas även i olika typer av internationella insatser. I denna typ av insatser kanske man vill undersöka status på vägar eller byggnader t.ex. Då finns det behov av mer högupplösta data än de som kan fås från Sentinel-satelliterna. I sådana fall kan data från Plejaderna vara ett bra alternativ.

16 SENDAI-INDIKATORER

I kapitel 4.1 beskrivs kort initiativet "Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030". Fjärranalys bedöms kunna vara ett viktigt bidrag för att följa indikatorerna och mäta måluppfyllelsen i Sendai.

I arbetet med att följa indikatorerna nationellt bedöms fjärranalysmetoder vara användbara främst för mål C. Mål C med indikatorer ser ut som följer:

Global target C: Reduce direct disaster economic loss in relation to global gross domestic product (GDP) by 2030.	
C-1 (compound)	Direct economic loss attributed to disasters in relation to global gross domestic product.
C-2	Direct agricultural loss attributed to disasters. <i>Agriculture is understood to include the crops, livestock, fisheries, apiculture, aquaculture and forest sectors as well as associated facilities and infrastructure.</i>
C-3	Direct economic loss to all other damaged or destroyed productive assets attributed to disasters. <i>Productive assets would be disaggregated by economic sector, including services, according to standard international classifications. Countries would report against those economic sectors relevant to their economies. This would be described in the associated metadata.</i>
C-4	Direct economic loss in the housing sector attributed to disasters. <i>Data would be disaggregated according to damaged and destroyed dwellings.</i>
C-5	Direct economic loss resulting from damaged or destroyed critical infrastructure attributed to disasters. <i>The decision regarding those elements of critical infrastructure to be included in the calculation will be left to the Member States and described in the accompanying metadata. Protective infrastructure and green infrastructure should be included where relevant.</i>
C-6	Direct economic loss to cultural heritage damaged or destroyed attributed to disasters.

Flera av de metoder som beskrivs i denna rapport visar påverkan på omgivningarna vid katastrofer. Översvämning, storm, ras, skred, brand och oljespill riskerar att medföra stora ekonomiska konsekvenser. De karteringar som kan genomföras baserat på fjärranalysdata visar vilka områden som har påverkats och ibland också hur stor påverkan är på areella näringar som

jord- och skogsbruk. Denna typ av information bedöms därför vara av stort värde framför allt för indikator C-2, men kan troligen även vara till nytta åtminstone i indikator C-1 och C-6.

Enligt rapporten *Översyn av områden med betydande översvämningsrisk* (MSB 2009:956) finns det numera 17 tätorter med över 58 000 boende inom det beräknade högsta flodområdet för vattendrag och 35 tätorter med nästa 131 000 boende inom det beräknade högsta flodområdet för extrem vattennivå (havet och de tre största sjöarna). I de flesta av dessa områden kommer människors hälsa, miljön, kulturarvet och ekonomisk verksamhet påverkas negativt på grund av översvämningar, vilket berör indikator C-4, C-5 och C-6.

I kapitel 17 beskrivs BEAM-kartering. BEAM står för Basic European Assets Map och är ett sätt att visa markens monetära värde. Indikatorerna till mål C bygger helt på ekonomisk förlust vid katastrof och en BEAM-kartering skulle därför kunna vara ett mycket värdefullt verktyg i arbete med dessa indikatorer.

Om det finns en nationell BEAM-kartering är det relativt enkelt att beräkna ekonomiskt värde i påverkade områden. De påverkade områdena fastslås i karteringar baserade på satellitdata från katastroftillfället. Om det inte finns en BEAM-kartering är det möjligt att med hjälp av de data som listas i kapitel 17 beräkna värdet i enbart det drabbade området.

17 BEAM-KARTERING BASERAD PÅ NMD

17.1 Bakgrund

En BEAM-kartering (Basic European Assets Map) ger en sammanställning av monetära värden och möjlighet att beräkna hur dessa påverkas vid en katastrof eller händelse. För närvarande finns en BEAM-kartering som täcker Tyskland⁹ färdigställd, och en nationell kartering av Finland är också under bearbetning¹⁰.

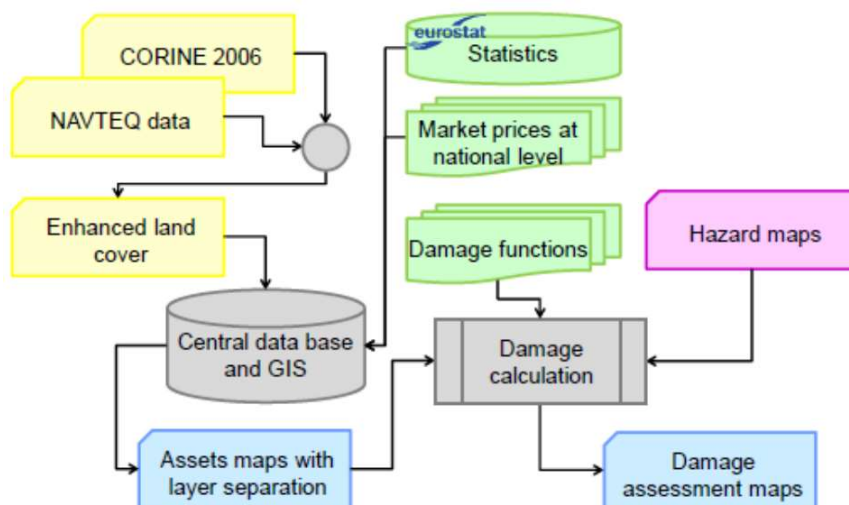
BEAM består av befolkningsstatistik, infrastrukturinformation och marktäckeinformation. Enhetliga data finns för samtliga EU-länder vilket innebär att en grundläggande BEAM-karta kan genereras i Sverige med samma metod. För enhetlighet med ansatser i Tyskland och Finland skulle Corine Landcover användas, vilket erbjuder en mycket detaljerad klassning, men med begränsad rumslig upplösning. BEAM-konceptet innefattar också möjlighet att integrera nationella data med högre upplösning för att skapa en mer detaljerad kartering (Figur 18).

I ett sådant sammanhang är Nationella marktäckedata (NMD) och associerade datamängder aktuella. NMD består av flera komponenter, till exempel:

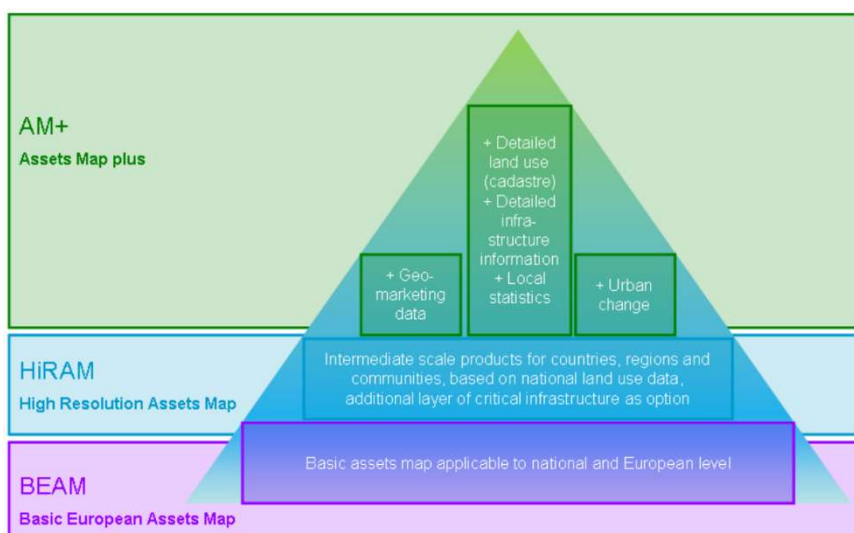
- En rasterbaserad basprodukt med 10x10 meters upplösning som visar marktäcke över hela Sverige i 24 tematiska klasser.
- Tilläggsskikt med objektshöjder och krontäckning.
- Tilläggsskikt med skoglig produktivitet.
- Tilläggsskikt med markanvändning

⁹ <https://emergency.copernicus.eu/mapping/ems/basic-european-assets-map-germany>

¹⁰ <https://emergency.copernicus.eu/mapping/ems/assets-mapping-finland-ems040>



Figur 17: Diagram över komponenter som används för att ta fram en BEAM-kartering och beräkningar av följdprodukter¹¹



Figur 18: Illustration av ett utökat BEAM-koncept där nationella data med högre kvalitet integreras¹².

17.2 Potentiella bidrag från NMD

I kombination med andra nationella dataset som visar tillgångar som infrastruktur (från Statistikmyndigheten SCB samt Trafikverket) och jordbruk (från Jordbruksverket) har Sverige goda

¹¹ https://emergency.copernicus.eu/mapping/sites/default/files/files/RRM_Reports/EMSN024-Final_Report.pdf

¹² <https://www.geomer.de/fileadmin/downloads/produkte/geodaten/basic-european-asset-map/2017-Basic-European-Asset-Map-Manual.pdf>

möjligheter att skapa en högupplöst version av en BEAM-kartering på högre nivå än vad som är möjligt enbart med statistik gemensam för EU.

NMD och associerade datamängder kan till exempel bidra till:

- Bättre skattning på monetära värden i skogsmark, vilket är av särskild betydelse i ett land som Sverige som till stora delar täcks av skog. Detta möjliggörs av NMD:s kartering av individuella trädslag som tall och gran, samt en uppdelning av trivial- och ädellövskog i kombination med NMD:s tilläggs-skikt skoglig produktivitet. Den skogliga produktiviteten i kombination med trädslag är ett bra mått på det ekonomiska värdet. I kombination med SGD och parametrar som Volym/Biomassa kan man göra ännu mer detaljerade skattningar.
- Ett mer exakt mått på vilken mark som används för jordbruk i växtföljd, något som inte alltid finns reflekterat i officiell statistik.
- Uppföljning av relevanta parametrar som urban utveckling samt förändringar i naturmiljön. Detta möjliggörs av konceptet bakom framtida versioner av NMD som ska uppdateras kontinuerligt med nya satellitdata.

18 LÄNKAR

Nedan återfinns länkar till flera av de initiativ och projekt som omnämns i rapporten:

SENDAI: <https://www.preventionweb.net/sendai-framework/sendai-framework-monitor/indicators>

GEO (Group on Earth Observations): [GEO \(earthobservations.org\)](http://earthobservations.org)

UN-Spider: <https://un-spider.org/node/11904>

BEAM: <https://emergency.copernicus.eu/mapping/list-of-components/EMSN024>

Handlingsplan för fortsatt klimatanpassningsarbete, MSB:

<https://www.msb.se/contentassets/a247fc9b33934282ae7bb3e934615364/handlingsplan-msb-2020.pdf>

Geodatastöd i Agenda 2030-arbetet:

<https://www.lantmateriet.se/contentassets/6066bf1591f04cd78040aaa2e09a70dc/aktivitet-geodatastod-i-agenda-2030-arbetet.pdf>

Disasters Charter:

<https://disasterscharter.org/web/guest/home;jsessionid=CFA8627A9B2D9DACB7EF711BD9DB5CAE.APP1>

CEMS: <https://emergency.copernicus.eu/mapping/ems/emergency-management-service-mapping>

19 REFERENSER

- Ban, Y. Z. (2020). Near Real-Time Wildfire Progression Monitoring with Sentinel-1 SAR Time Series and Deep Learning. *Scientific Reports*, 10(1322). doi:s41598-019-56967
- Lieven, H. D.-P. (2019). Snow depth variability in the Northern Hemisphere mountains observed from space. *Nature Communications*. Hämtat från <https://www.nature.com/articles/s41467-019-12566-y>
- Länsstyrelsen i Dalarnas län. (2011). *Kartering av brandfält från satellitdata*. Länsstyrelsen i Dalarnas län. Hämtat från <https://www.lansstyrelsen.se/dalarna/tjanster/publikationer/2011/201103-kartering-av-brandfalt-fran-satellitdata.html>
- Szpakowski, D. J. (2019). A Review of the Applications of Remote Sensing in Fire Ecology. *Remote Sensing*, 11(22).



Beställning/Förfrågningsunderlag

Beskrivning av det potentiella uppdraget:

Vilken typ av kartering eller övervakning avses?	
Vilket område ska karteras/analyseras/övervakas (platsnamn, koordinater el.dyl, utsträckning/areal)?	
Tidpunkt eller tidsintervall för kartering, analys eller övervakning?	
Önskade parametrar/scenario (t.ex. marktäcke, trädslag, fastigheter osv.)?	

Form för redovisning:

Önskemål om format på leveransen (t.ex. kartor (utskrift, PDF), rasterbild (GeoTIFF, JP2), vektorfiler (shape, geodatabas). Storlek och/eller upplösning anges om relevant.)	
--	--

Tidplan för uppdraget:

När behövs resultatet av karteringen/analysen?	
Önskad delredovisning?	

Kontaktperson/Beställare:

Namn	
Telefon	
E-post	

När Metria får in en förfrågan inleder Metria en dialog med beställaren med målet att hitta den lösning som bäst motsvarar behovet. I denna dialog diskuteras t.ex.: noggrannhet, tidplan och pris.

Kontaktperson på Metria AB: Oscar Lindhe, oscar.lindhe@metria.se, 010-121 84 64 och Maria Nilsson, maria.nilsson@metria.se, 010-121 80 82.